الوقود الأحفوري والبيئة

الوقود الأحفوري: مواد قابلة للاحتراق تشكلت طبيعياً في قشرة الأرض من بقايا كائنات حية قديمة، وتستخدم كمصدر للطاقة. (وهو مصدر غير متجدد يستغرق تكونه ملايين السنين).

أمثلة على الوقود الأحفوري:

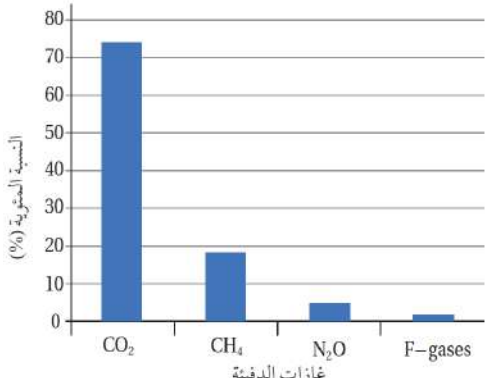
- الفحم الحجري.
- النفط.
- الغاز الطبيعي.

أهميته وتأثيراته:

- **الأهمية:** مصدر رئيسي للطاقة (تشغيل مصانع، سيارات، توليد كهرباء)، ويدخل في تصنيع البلاستيك والأسمدة.
- **التأثيرات:** إطلاق غازات دفيئة (CO_2)، احتباس حراري، وتلوث الهواء والماء.

غازات الدفيئة والقطاعات المسؤولة عنها

الأنشطة البشرية هي المصدر الرئيس لغازات الدفيئة بنسبة **70%**. وتتميز هذه الغازات بقدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة المنبعثة من سطح الأرض.

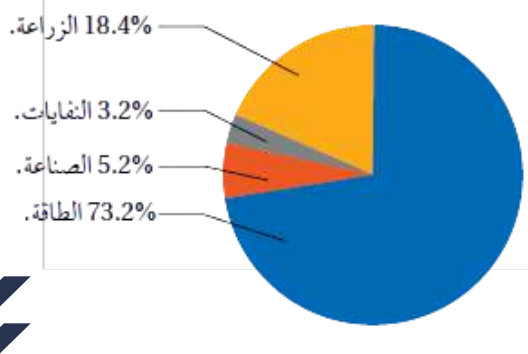


أمثلة على غازات الدفيئة ونسبها:

- ثاني أكسيد الكربون CO_2 هو الأعلى نسبة ويُشكل حوالي (~74%).
- الميثان CH_4 ويُشكل حوالي (~18%).
- أكسيد النيتروز N_2O .
- الغازات المفلورة (F-gases) مثل: CFC_S و HFC_S .

القطاعات المسؤولة عن الانبعاثات:

- **قطاع الطاقة (73.2%):** الأكبر إنتاجاً (يشمل الصناعة، النقل، والأبنية).
- **قطاع الزراعة (18.4%):** يشمل الغابات، الماشية، واستعمالات الأراضي.
- **قطاع الصناعة (5.2%):** مثل صناعة الإسمنت والأمونيا.
- **قطاع النفايات (3.2%):** معالجة المياه العادمة وطمر النفايات.



احتراق الوقود الأحفوري

الاحتراق: تفاعل كيميائي يحدث فيه اتحاد الأكسجين مع عناصر الكربون والهيدروجين الموجودة في الوقود، وينتج عنه طاقة.

وقود أحفوري + أكسجين ← طاقة + ثاني أكسيد الكربون + بخار ماء

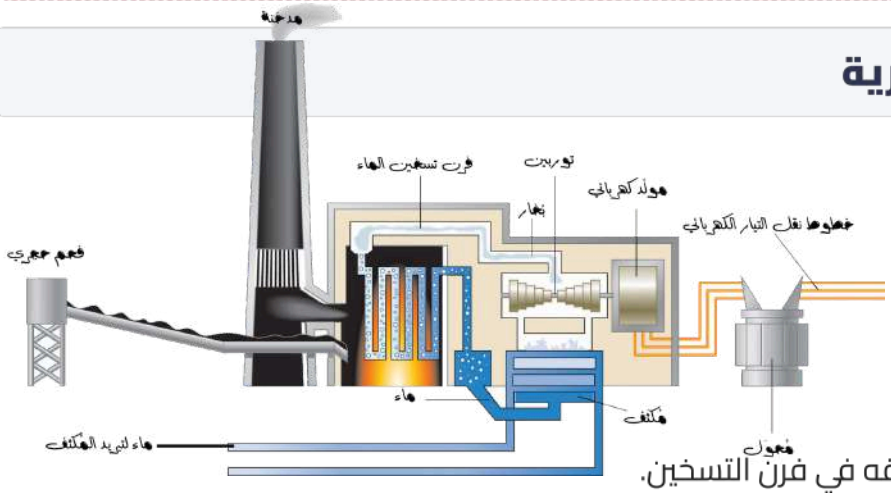
معادلة احتراق الغاز الطبيعي (الميثان):

$$CH4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O + \text{طاقة}$$

معادلة احتراق وقود السيارات (البنزين/الأوكتان):

$$2C_8H_{18}(g) + 25\ O_2(g) \rightarrow 16\ CO_2(g) + 18\ H_2O(g) + energy$$

محطات الطاقة الحرارية



1. يتم طحن الفحم الحجري وحرقه في فرن التسخين.
2. تُستخدم الحرارة لتسخين الماء المار في أنابيب فولاذية وتحويله إلى بخار.
3. يندفع البخار ليحرك **شفرات التوربينات** الموصولة بمولد كهربائي (تحويل الطاقة الحركية إلى كهربائية).
4. تُنقل الكهرباء عبر خطوط النقل، ويُمرر البخار إلى **المكثف** لتبريده وإعادة استخدامه كماء.

الغازات الناتجة من احتراق الوقود الأحفوري

أكاسيد الكربون	أكاسيد الكبريت	أكاسيد النيتروجين
- **CO (أول أكسيد الكربون):** سام وقاتل، ينتج من الاحتراق غير الكامل، يرتبط بهيموجلوبين الدم ويمنع الأكسجين. - **CO_2 (ثاني أكسيد الكربون):** الأكثر شيوعاً، غير سام، يسبب الاحتباس الحراري.	- تنتج من محطات الطاقة ومصافي البترول. - أهمها: SO_2 و SO_3. - تسهم بشكل رئيسي في تكوين **الهطل الحمضي**.	- أهمها: **NO**، NO_2، N_2O. - تلعب دوراً رئيسياً في تكوين **الضباب الدخاني** والتفاعلات الكيميائية الضوئية.

ظاهرة الاحتباس الحراري (البيت الزجاجي)

تسمح غازات الدفيئة بمرور الأشعة الشمسية (قصيرة الموجة) لتدفئة سطح الأرض، لكنها **تمنع** خروج الأشعة المنعكسة (تحت الحمراء طويلة الموجة) إلى الفضاء، مما يؤدي إلى انحباس الحرارة وارتفاع حرارة الأرض.

حساب انبعاثات غازات الدفيئة

لمعرفة كمية الغازات المنبعثة، نستخدم **معامل الانبعاث (EF)**: وهو رقم يحدد كمية الغاز المنبعثة لكي وحدة من النشاط.

$$E = EF \times A$$

(الانبعاثات E = معامل الانبعاث EF × كمية المادة / مصدر الانبعاث A)

مكافئ ثاني أكسيد الكربون (CO_2e)

لجمع تأثيرات الغازات المختلفة وتوحيدها، نستخدم وحدة (مكافئ ثاني أكسيد الكربون)، بالاعتماد على **إمكانية إحداث الاحترار العالمي (GWP)** لكل غاز مقارنة بـ CO_2 (الذي قيمته 1) خلال 100 عام.

الاحترار العالمي والتغير المناخي

الاحترار العالمي: زيادة تدريجية في معدلات درجات الحرارة العالمية بسبب زيادة نسبة غازات الدفيئة في الغلاف الجوي (بفعل حرق الوقود الأحفوري).

تأثيرات التغير المناخي:

1. ارتفاع مستوى سطح البحر:
بمقدار (0.4 - 0.63 متر) بحلول 2100م، وقد يصل لـ 2 متر. يسبب غمر الجزر والشواطئ (بسبب انصهار الجليد وتمدد المياه).

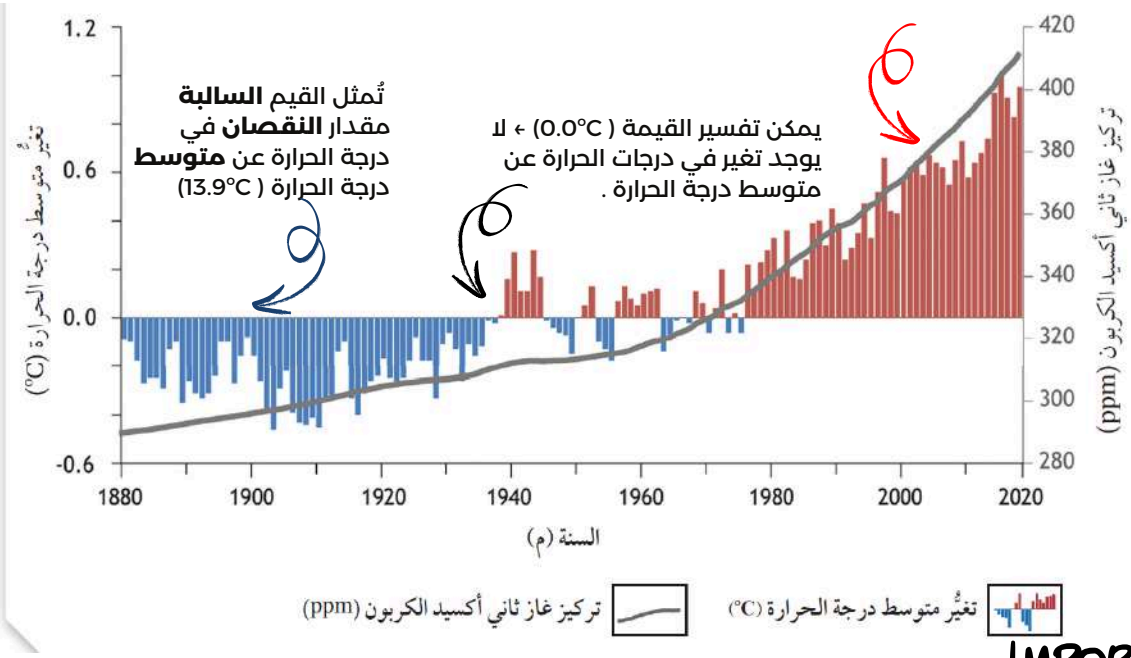
2. النظم البيئية والمحيطات:
زيادة حموضة المحيطات (تهدد المرجان والأصداف). توقع انقراض ملايين الكائنات الحية بحلول 2050م.

3. الطقس المتطرف:
- زيادة قوة الأعاصير وكثافتها.
- المزيد من الجفاف وموجات الحر الطويلة.
- زيادة شدة حرائق الغابات وطول موسمها.

4. الغطاء الجليدي والأمطار:
- تناقص الغطاء الجليدي البحري في القطبين.
- تغير أنماط الهطول (فيضانات في مناطق وجفاف في أخرى).

مُكثف الوحدة الأولى

تُمثل القيم **الموجبة** مقدار **الزيادة** في درجة الحرارة عن **متوسط** درجة الحرارة (13.9°C)



نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بمرور الزمن، ومتوسّط تغير درجة الحرارة في لفترة بين (1880 - 2020) .

IMPORTANT!

- قُدّر متوسط درجة الحرارة في هذه السنوات (13.9°C)
- عام 2000م زادت درجات الحرارة العالمية عن متوسط درجة الحرارة بمقدار (0.59°C) .

تكون الأوزون واستنزافه

الأوزون (O_3): غاز يتكون من 3 ذرات أكسجين. ينقسم حسب موقعه إلى:

- **الأوزون المفيد (في الستراتوسفير):** يحمي الأرض بمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية (UV) الضارة.
- **الأوزون الضار (في التروبوسفير):** ملوث خطر ينتج عن أكاسيد النيتروجين، يضر الرئتين والنباتات.

تكون الأوزون الطبيعي:

$$NO_2 \xrightarrow{UV} NO + O$$

$$O + O_2 \underset{UV}{\rightleftharpoons} O_3$$

مركبات الكلوروفلوروكربون (CO_2e) واستنزاف الأوزون:

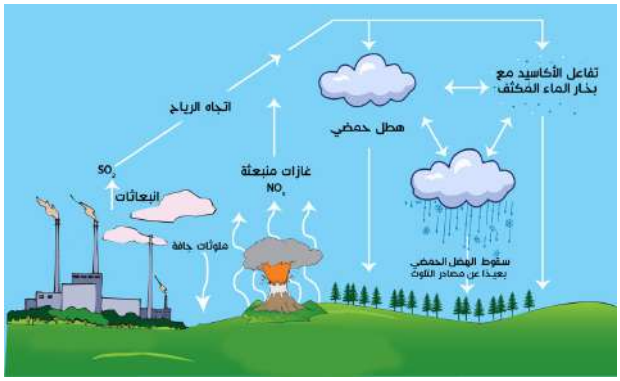
غازات خاملة (تستخدم في التبريد) تصعد للستراتوسفير، تُحللها أشعة UV وتُحرر ذرة كلور تدمر الأوزون:

$$CCl_3F \xrightarrow{UV} CCl_2F + Cl$$

$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

الهطل الحمضي

يحدث عند تفاعل أكاسيد الكبريت والنيتروجين المنبعثة مع بخار الماء في الغلاف الجوي لتكوين أحماض قوية تسقط مع المطر (أحياناً بعيداً عن مصدر التلوث بفعل الرياح).



$$3NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$$

المعادلات الكيميائية للهطل الحمضي:

$$S_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

$$SO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2SO_{3(aq)}$$

$$O_{2(g)} + 2H_2SO_{3(aq)} \longrightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$$

آثار الهطل الحمضي: 1. موت النباتات والأسماك وانخفاض التنوع الحيوي. 2. زيادة حموضة التربة وفقدان خصوبتها. 3. تآكل الصخور والمنشآت.

أنواع الضباب الدخاني (مقارنة)

وجه المقارنة	الضباب الدخاني الشتوي (الكبريتي)	الضباب الدخاني الصيفي (الكيميائي الضوئي)
المصدر/الشرط	احتراق النفط أو الفحم في المحطات.	الشرط: وجود الأشعة الشمسية (UV).
المكونات	تراكيز عالية من: أكاسيد الكبريت، الهيدروكربونات.	تراكيز عالية من: الأوزون، حمض النيتريك، NO_2، HC، CO.
الخصائص والآثار	دخان كثيف، ضعف رؤية، انخفاض حرارة. ضار بالتنفس.	ملوث ضار جداً بالجهاز التنفسي، ويؤذي النباتات.

الدرس الثالث: الحد من التغير المناخي

إدارة موارد الطاقة (تقليل استهلاك الوقود الأحفوري)

- تطوير التكنولوجيا الموفرة للطاقة.
- تصميم المباني الذكية الموفرة للطاقة.
- تعديل السياسات الحكومية (تحديث النقل الجماعي، تشجيع السيارات الكهربائية).
- استخدام الوقود الحيوي والطاقة المتجددة.
- زيادة وعي المواطنين لتغيير سلوكهم الاستهلاكي.

التكيف مع التغير المناخي

مجموعة من الإجراءات والسياسات للتعامل مع الآثار الحتمية للتغير المناخي وحماية المجتمعات منها.

دور المؤسسات الرسمية والحكومات:

- تطوير سياسات وطنية وإقليمية (مثل إطار عام 2013 في الأردن، واتفاقية باريس).
- تصميم مبانٍ مقاومة للفيضانات والحرارة.
- إنشاء أنظمة لجمع مياه الأمطار وتحسين الصرف الصحي.
- زيادة مساحة الأراضي الخضراء والحدائق العامة.

نشر الوعي المجتمعي:

- حملات التثقيف في المدارس والجامعات ووسائل التواصل.
- إنشاء مبادرات محلية (بنية تحتية مستدامة، فرق تطوعية للكوارث).
- التشجيع على تبني ممارسات مستدامة للأفراد.

استخدام الطاقة المتجددة (بدائل الوقود الأحفوري)

طاقة نظيفة لا تنفد، تُقلل من الغازات الدفيئة، ولكنها تتطلب استثمارات مالية عالية لتأسيسها.

نوع الطاقة	الإيجابيات	السلبيات
طاقة الرياح	نظيفة، متجددة، لا تنفد.	تقتصر على الجبال والمناطق النائية (تحتاج رياح دائمة). تكلفة الوحدة قد تكون أعلى من الأحفوري.
طاقة المد والجزر	نظيفة وصديقة للبيئة (تقلل).	تكلفة أولية عالية للمحطات. تأثير سلبي على البيئة البحرية والملاحة.
الطاقة الشمسية	نظيفة، هادئة (لا ضجيج)، سهلة الصيانة، تستخدم على نطاق واسع أو ضيق.	تكلفة أولية مرتفعة، تتأثر بالأحوال الجوية (تقل شتاءً أو ليلاً).
طاقة الحرارة الجوفية (المياه الساخنة > 150°C)	تكلفة منخفضة نسبياً بعد الإنشاء (انخفاض تكاليف التشغيل).	محدودية الأماكن الجغرافية. حفر الآبار قد يحرر غازات دفيئة من باطن الأرض.
الطاقة الكهرمائية (السدود)	غير ملوثة، السدود مفيدة للشرب والزراعة ومنع الفيضانات.	تكلفة عالية لبناء وصيانة السدود. غمر مساحات واسعة بالماء. خطر تحفيز الزلازل.

دور الفئات المجتمعية في التكيف

دور الشباب:

- **استخدام التكنولوجيا:** تصميم تطبيقات لمراقبة المناخ، وتحسين كفاءة الطاقة.
- **ممارسات زراعية مبتكرة:** تبني تقنيات ري حديثة، واستخدام محاصيل مقاومة للجفاف.
- التحول نحو نظم زراعية مستدامة عبر التدريب والمشاركة.

دور المرأة:

- **إدارة الموارد الطبيعية:** بسبب خبرتها الواسعة في إدارة الموارد (كالمياه)، وهي تمثل نسبة كبيرة من القوى العاملة الزراعية في الدول النامية.
- **القيادة المجتمعية:** قيادة مجموعات لتعزيز الطاقة المتجددة (مثل مواقد الطهي النظيفة).
- **نشر الوعي:** تثقيف الأسر والمجتمع وتحفيز السلوكيات الإيجابية البيئية.
- **التعافي من الكوارث:** قيادة جهود التعافي، تحسين الصحة، ودعم الأفراد الأكثر ضعفاً.
- **تطوير ريادة الأعمال:** تأسيس شركات ومنتجات زراعية صديقة للبيئة.

الدرس الأول: الإجهاد والمطاوعة في الصخور

التشوه: التغير الذي يحدث على الصخور وهي في الحالة الصلبة بتغير شكلها أو حجمها أو كليهما معاً.

التراكيب الجيولوجية: المظاهر أو التشوهات التي تحدث في الصخور نتيجة تعرضها لقوى مختلفة.

الإجهاد (Stress): القوة المؤثرة في وحدة المساحة من الصخر. يُقاس بوحدة نيوتن لكل متر مربع (N/m^2) أو باسكال.

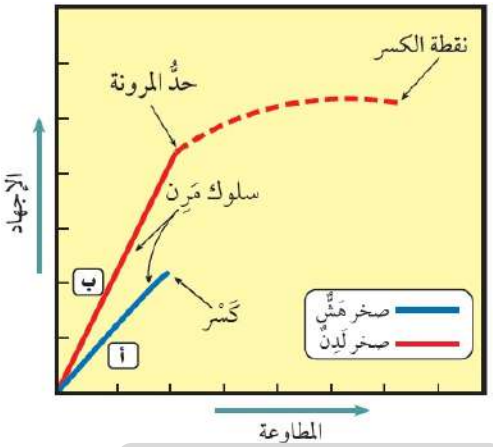
المطاوعة (Strain): استجابة الصخور للإجهاد، وتأخذ شكل تغير في الشكل أو الحجم.

حد المرونة: الحد الذي لا يمكن بعده للصخر أن يعود إلى وضعه الأصلي عند زوال الإجهاد المؤثر فيه.

العوامل المؤثرة في المطاوعة:

1. **مقدار** الإجهاد.
2. **نوع** الإجهاد.
3. **نوع الصخر** نفسه، فالصخور تختلف في سلوكها

نوع الصخر	السلوك عند تجاوز حد المرونة
الصخر الهشّ	ينكسر
الصخر اللدِن	يتغير شكله وحجمه دون كسر



يوضح الشكل سلوك الصّخر الهشّ والصّخر اللّدِن تحت تأثير الإجهاد.
(أ) : الصّخر الهشّ (الصخر المرن)
(ب) :الصّخر اللّدِن

- **قبل حدّ المرونة** ← يسلكان **سلوكًا مرِنًا** عند زيادة الإجهاد المؤثّر فيهما .
- **عند حدّ المرونة** ← يسلكان **سلوكًا مرِنًا** عند زيادة الإجهاد المؤثّر فيهما .
- **بعد حدّ المرونة** ← فإن الصّخر (أ) **ينكسر**، والصّخر (ب)**ينثني** .
- **زيادة الإجهاد عليه** ← **ينكسر.**

إذا استمرّ زيادة الإجهاد على الصخر اللدِن وتجاوز نقطة الكسر ← ينكسر.

العوامل التي يعتمِد عليها تشوّه الصّخور

تؤثّر مجموعة من **العوامل** في **استجابة** الصخور **للإجهادات** المختلفة، وتؤدي إلى اختلاف التراكيب الجيولوجية الناتجة، وتشمل:

1. **نوع الصّخور :** مدى هشاشتها .
2. **نوع الإجهاد :** ضغط , شد , قص .
3. **درجة الحرارة :** تزيد من لدونة الصخور ← الصخور السطحية هشة كنها تصبح لدنة في الأعماق لارتفاع الحرارة.
4. **الزمن :** بقاء الصخور تحت تأثير الإجهاد لمدة طويلة ← يُساهم في تعديل سلوكها دون كسرها مباشرة .

الصّخور الهشّة

تنكسر عند **زيادة الإجهاد** المؤثّر فيها **عن حدّ المرونة.**

يُسمّى هذا النوع من التشوّه: **التشوّه الهشّ** .

أمثلة:
- صخور **البازلت**
- صخور **الصوّان**

الصّخور اللّدِنة

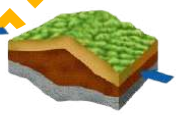
تنثني عند **زيادة الإجهاد** عن **حدّ المرونة دون أن تنكسر مباشرة.**

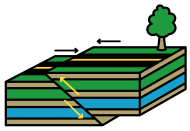
يُسمّى هذا النوع من التشوّه: **التشوّه اللّدِن** .

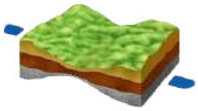
أمثلة:
- الصّخور **الطينية**
- صخور **الغضار**

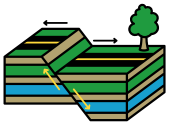
أنواع الإجهاد وتأثيره

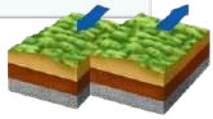
نوع الإجهاد	التعريف	أثره في الصخور اللدنة	أثره في الصخور الهشة
الضغط	قوتان متعاكستان باتجاه الجسم الصخري.	الطي (انثناء)	كسر (صدع عكسي)
الشد	قوتان متعاكستان متباعدتان عن الجسم.	الطي أو قلة السماكة	كسر (صدع عادي)
القص	قوتان متعاكستان تتحركان بصورة متوازية.	الطي	كسر (صدع جانبي)

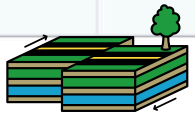

الصخور اللدنة :طيّ بسبب الضّغط


الصخور الهشة :كسر بسبب الضّغط


الصخور اللدنة :طيّ بسبب الشّد

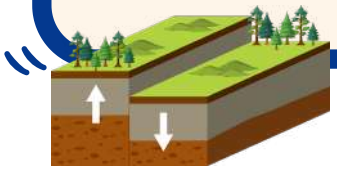

الصخور الهشة :كسر بسبب الشّد


الصخور اللدنة :طيّ بسبب القصّ


الصخور الهشة :كسر بسبب القصّ

في الصخور الهشّة

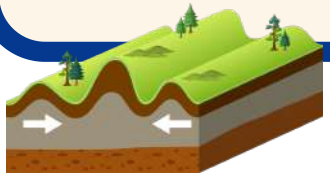
- عندما تتعرّض **الصخور الهشّة** للإجهادات المختلفة, **تنكسر**.
- **التراكيب الجيولوجية** الناتجة عنها تُسمّى: **الصُّدوع**.
- **نوع الصدع** يعتمد على **نوع الإجهاد المؤثّر** في الصخر.



في الصخور اللّدِنة

- عندما تتعرّض الصخور **اللّدِنة** للإجهادات, فإنها: **تنثني أو تقل سماكتها** في الوسط. (حسب نوع الإجهاد).

التراكيب الجيولوجية الناتجة من إجهادَي **الضّغط والقصّ** تسمّى: **الطَّيّات**.



الدرس الثاني: الصدوع

الصدع:
تتحركان بصورة موازية لمستوى الصدع.

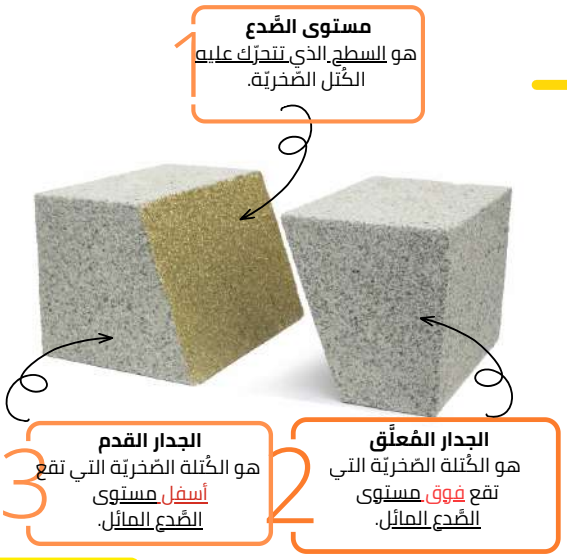
أجزاء الصدع:

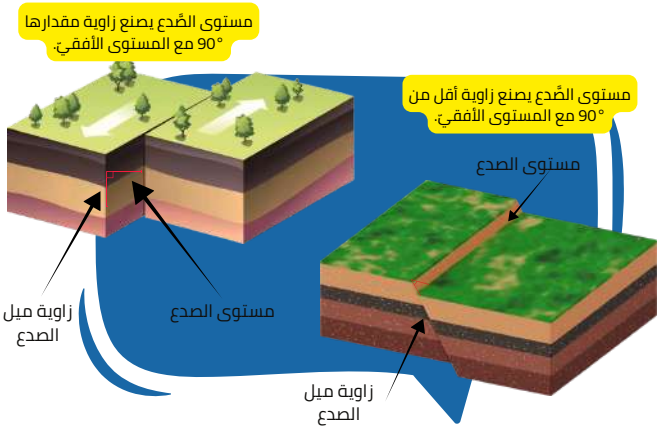
مستوى الصدع: السطح الذي تنزلق وتتحرك عليه الكتل الصخرية.

الجدار المعلق: الكتلة الصخرية التي تقع **فوق** مستوى الصدع المائل.

الجدار القدم: الكتلة الصخرية التي تقع **أسفل** مستوى الصدع المائل.

زاوية ميل الصدع: الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي ومستوى الصدع.





تصنيف الصدوع (حسب نوع الحركة):

1 مَيل مستوى الصَّدع

تُقسَم إلى

- **صُدوع رأسيّة**
- **صُدوع مائلة**

2 الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتَين على جانبَيْ مستوى الصَّدع

تُقسَم إلى

- **صُدوع الحركة النّسبيّة الرأسيّة** (↑ حركة للأعلى أو للأسفل)
- **صُدوع الحركة النّسبيّة الأُفقية** (حركة أفقية ←→)

تُقسَم إلى

- **الصُّدوع العاديّة**
- **الصُّدوع العكسية**
- **الصُّدوع الجانبية**

صدع شارع المئة -عمان

صدع البحر الميت التحويلي

أ. خالد مقدادي
0799457455

أوجُه المقارنة	الصَّدع العاديّ	الصَّدع العكسيّ	الصَّدع الجانبيّ
نوع الإجهاد المسبِّب.	إجهاد شدّ.	إجهاد ضغْط.	إجهاد قصّ.
نوع الحركة النسبية على جانبي مستوى الصدع	(جانبية) رأسيّة.	(جانبية) رأسيّة.	أفقيّة.
مَيل مستوى الصَّدع عن المستوى الأفقيّ	يَميل بزاوية أكبر من صفر وأقل من ° 90 .	يَميل بزاوية أكبر من صفر وأقل من ° 90 .	يَميل بزاوية ° 90 وقد يَميل بزاوية أكبر من صفر وأقل من ° 90 .
اتجاه حركة الكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع.	يتحرّك الجدار المعلَّق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدَم	يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدَم.	تتحرّك الكُتلتان الصّخريّتان بصورة أفقيّة نسبة إلى بعضها بعضًا.
تكرار الطبقات فيها مع العُمق.	لا يحدث تكرار للطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُم	تتكرّر الطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق	لا يحدث تكرار للطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.

أنظمة الصدوع

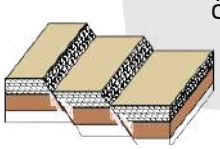
ما هي ؟

مجموعة من الصُّدوع العاديّة تتشكّل في صخور القشرة الأرضيّة عندما تتعرّض لقُوى شدٍّ؛ نتيجة لحركة الصفائح التكتونيّة,

الصُّدوع الدرجيّة

تتشكل عندما تتعرّض صخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ تؤدي إلى إحداث مجموعة من الصُّدوع العاديّة المتوازية, وتأخذ الكُتل الصّخريّة فيها شكلَ الدّرج.

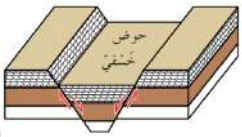
أمثلة من الأردن :الصُّدوع العاديّة المتوازية في وادي الموجِب.



الأحواض الخَسفيّة

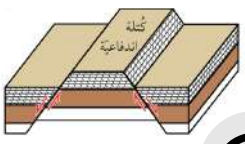
تتشكّل عندما تتعرّض صخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ تؤدي إلى إحداث صَدعين عاديّين متقابلين, تهبط الكُتل الصّخريّة بينهما للأسفل, بحيث يشتركان في الجدار المعلَّق .

مثال من الأردن : غور الأردن .



الكُتل الاندفاعيّة

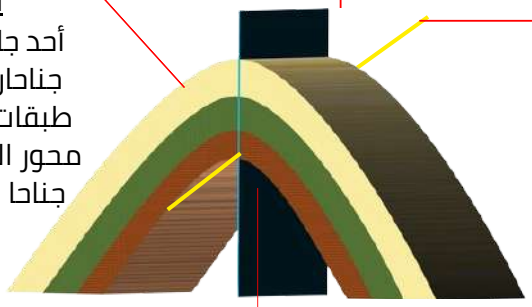
تتشكّل عندما تتعرّض صخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ تؤدي إلى إحداث صَدعين عاديّين متقابلين, تبرز الكُتل الصّخريّة بينهما للأعلى عندما تهبط الكُتل الصّخريّة على جانبيها للأسفل, بحيث يشتركان في الجدار القدَم .



الدرس الثالث: الطيات

الطية: تركيب جيولوجي ينشأ في الصخور اللدنة (أو الهشة المعرضة لحرارة عالية بأعماق باطن الأرض) حيث تنثني الطبقات وتتقوس دون أن تتكسر نتيجة إجهاد الضغط

أجزاء الطية:



مِفصَل الطيّة
الخط الوهميّ الذي يصل بين النقاط التي تقع على أقصى تكوُّرٍ (انحناء) للطيّة.

جناح الطيّة
أحد جانبَي الطيّة, وللطيّة جناحان اثنان مكوّنان من طبقات مائلة, يلتقيان عند محور الطيّة. وغالبًا ما يميل جناحا الطيّة في اتّجاهين مختلفين.

محور الطيّة
يُعدّ محور الطيّة خطًّا من المستوى المحوريّ، وهو الخط الذي تحدث عنده عمليّة الطيّ، ويحدِّد أقصى تكوُّر لطبقة ما في الطيّة.

المستوى المحوريّ
مستوى وهميّ يمرّ في محور الطيّة, ويقسم الطيّة إلى نصفين, وقد يكون مائلًا أو رأسيًّا أو أفقيًّا.

تصنيف الطيات

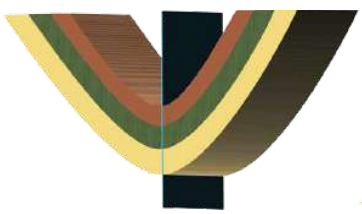
الطيّات

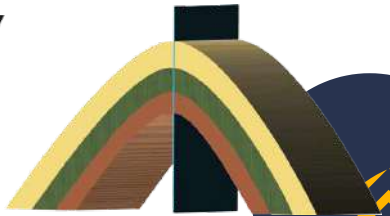
1. اتّجاه التقوّس
   تُقسَم إلى
   - طيّات مُحدبة
   - طيّات مُقعرة

2. زاوية ميل المستوى المحوريّ
   تُقسَم إلى
   - الطيّة المُتماثِلَة
   - الطيّة غير المُتماثِلَة
   - الطيّة المقلوبة
   - الطيّة المُضطجِعة

تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو **الأعلى**, ويميل جناحاها **بعيدًا** عن **المستوى المحوريّ**, وتكون الطبقات **الأقدم في وسطها**.

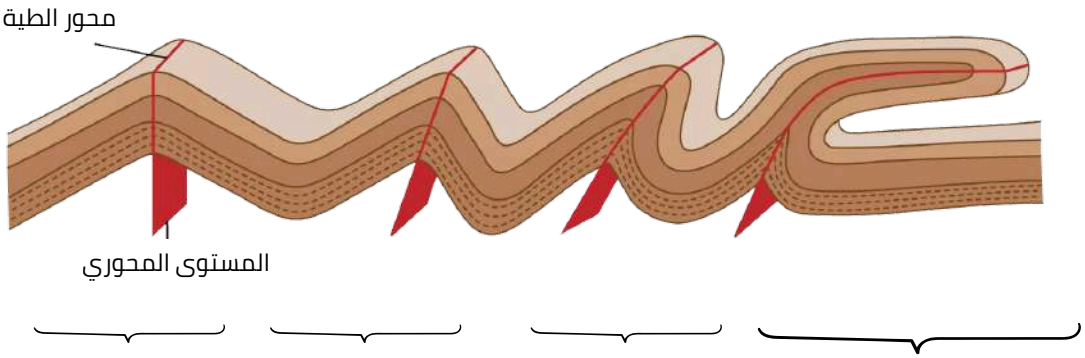
تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو **الأسفل**, ويميل جناحاها **نحو المستوى المحوريّ**, وتكون الطبقات الصّخريّة **الأحدث في وسطها**





تصنيف الطيات

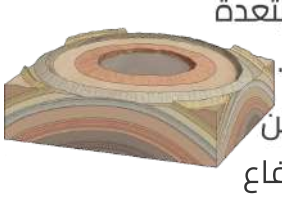
أوجُه المقارنة	الطيّة المُتماثِلَة	الطيّة غير المُتماثِلَة	الطيّة المقلوبة	الطيّة المُضطجِعة
كيف تتشكل	عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغط متساوٍ على كلا الجانبيْن	تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغط غير متساوٍ على كلا الجانبيْن.	عندما يميل جناحا الطية في الاتّجاه نفسه, إذ تزيد زاوية مَيل أحد جناحيها على 90˚ , وتكون الطبقات المكوِّنة لأحد الجناحين مقلوبة	الطيّة التي يميل جناحاها في الاتّجاه نفسه بصورة أفقيّة تقريبًا
مَيل المستوى المحوري	عموديًّا على سطح الأرض	مائلٌ بزاوية أقلّ من 90˚ ؛ أي غير متعامِد على سطح الأرض	مائلًا عن المستوى العمودي(وهو مستوى يصنع زاوية 90˚ مع المستوى الأفقي) بدرجة كبيرة	تكون الطبقات المكوِّنة لأحد الجناحين مقلوبة



القباب والأحواض

القبة

التعريف: تركيب يمثل طية محدبة متماثلة تميل جميع طبقاتها مبتعدة عن المركز في جميع الاتجاهات.

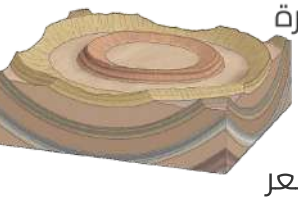


النشأة: تتشكل نتيجة ضغط من الأسفل للأعلى (غالباً بسبب اندفاع الماغما وتبريدها أسفل السطح) مما يرفع الطبقات فوقها.

بعد التعرية:
دائري أو إهليجي وتكون الطبقات **الأقدم** في المركز.تظهر الطبقات بشكل

الحوض

التعريف: تركيب يمثل طية مقعرة متماثلة تميل جميع طبقاتها نحو المركز في جميع الاتجاهات.

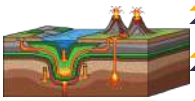


النشأة: تتشكل نتيجة هبوط وتقعر القشرة الأرضية نحو الأسفل بفعل ثقل الرواسب المتراكمة فيها.

بعد التعرية: تظهر بشكل دائري وتكون الطبقات **الأحدث** في المركز.

ملاحظة هامة: الطيات المحدبة ترتفع كجبال في البداية، لكن تعرضها الشديد للتجوية والحت قد يؤدي لتآكلها بسرعة أكبر وتحولها مع الزمن إلى وديان! (مثال: حوض البقعة في الأردن الذي كان في الأصل قبة).

أ. خالد مقدادي
0799457455



الدرس الأول: انجراف القارات

إذا نظرت إلى خريطة العالم، تلاحظ أن حواف بعض القارات يمكن أن تتطابق معًا، مثل لعبة تركيب القطع (Puzzle).

وقد لاحظ رسامو الخرائط الجغرافية منذ أكثر من 400 عام، أن هناك تطابقا بين حواف القارات على جانبي المحيط الأطلسي.

القارّات قبل 200 m.y تقريبًا

القارّات في وضعها الحالي

فرضية انجراف القارات:

لاحظ عالم الأرصاد الألماني "ألفرد فغنر" التطابق الكبير بين حواف القارات، ورأى أن هذا التطابق لا يمكن أن يكون مجرد صدفة.

اقترح في عام 1912م **فرضية انجراف القارات** التي تنص على أن جميع القارات الحالية كانت تشكّل في الماضي قارة واحدة.

سماها **بانغيا** وتعني "كل اليابسة" يحيط بها محيط يسمّى **بانثالاسا**، ويعني "كل المحيط".

الأدلة التي تدعم فرضية انجراف القارات:

الدليل الهندسي: التطابق الكبير بين حواف قارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا.

دليل الأحافير:

تم العثور على أحافير متشابهة لنباتات (مثل السرخسيات) وحيوانات (مثل الزواحف) في قارات مختلفة تفصل بينها محيطات واسعة حالياً، مثل أمريكا الجنوبية وإفريقيا.

مثال: العثور على أحافير للزاحف المائي (ميزوسوروس) في كل من أمريكا الجنوبية وإفريقيا، وهو زاحف لا يستطيع السباحة عبر المحيطات الواسعة.

دليل المناخ القديم: وجود آثار للجليديات القديمة في مناطق دافئة حالياً (مثل الهند، أستراليا، إفريقيا، وأمريكا الجنوبية)، مما يشير إلى أن هذه القارات كانت قريبة من القطب الجنوبي في الماضي.

دليل الصخور والجبال: تشابه في أنواع الصخور وأعمارها والتراكيب الجيولوجية (مثل سلاسل الجبال) على جانبي المحيط الأطلسي.

رفض فرضية انجراف القارات: على الرغم من الأدلة التي قدمها فغنر، إلا أن فرضيته قوبلت بالرفض من قبل معظم العلماء في ذلك الوقت.

01

أسباب انجراف القارّات

اقترح فغنر أن **سبب حركة القارّات** وانجرافها يعود إلى **قوّة الطّرد المركزيّ** الناتجة من **دوران الأرض حول نفسها**، أو إلى **قوّة جذْب القمر للأرض.** ولكن العلماء رفضوا هذا التفسير؛ لأن كلتا القوّتين أقلُّ من القُوى التي يمكن أن تحرّك القارّات.

02

آلية انجراف القارّات

اقترح فغنر أن **القارّات تتكوّن من موادّ قليلة الكثافة تتحرّك فوق قاع المحيط الذي يتكوّن من موادّ ذات كثافة عالية**، فرفض العلماء اقتراح فغنر في أنه كيف يمكن للقارات أن تتحرّك فوق قاع المحيط الصُّلب ذي التضاريس بسهولة.

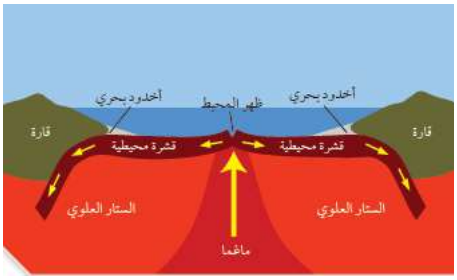
أ. خالد مقدادي
0799457455

الدرس الثاني: توسع قاع المحيط

مع تطور التكنولوجيا واختراع أجهزة السونار (التي تستخدم الموجات الصوتية)، تمكن العلماء من رسم خرائط دقيقة لقاع المحيط.

اكتشف العلماء وجود سلسلة جبلية بركانية ضخمة تمتد في منتصف المحيطات، سُميت **ظهر المحيط**

فرضية توسع قاع المحيط:



اقترح العالم الأمريكي "هاري هيس" في أوائل الستينيات فرضية توسع قاع المحيط.

تنص الفرضية على أن قاع المحيط يتوسع باستمرار بسبب صعود الماغما من الستار عبر شقوق في ظهر المحيط.

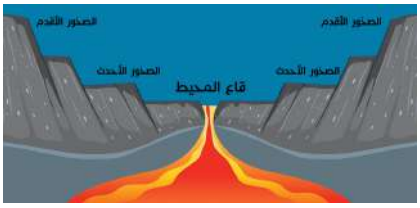
عندما تبرد الماغما وتتصلب، تشكل قشرة محيطية جديدة تدفع القشرة القديمة بعيداً عن ظهر المحيط في اتجاهين متعاكسين.

ترجع أهمية هذه الفرَضيّة إلى أنها **فسّرت طريقة حركة القارّات** التي لم تتمكّن فرَضيّة انجراف القارّات من تفسيرها !!

فبدَلًا من افتراض أنّ **القارّات تتحرّك فوق قاع المحيط**، **افترضت** أن **المحيطات تتوسّع في منطقة وسط ظَهْر المحيط، ونتيجة لذلك، تتحرّك القارّات مُبتعِدة بعضُها عن بعض**

الأدلة على توسع قاع المحيط:

1 **أعمار صخور قاع المحيط:** وجد العلماء أن الصخور الأحدث عمراً تقع بالقرب من ظهر المحيط، وكلما ابتعدنا عن ظهر المحيط باتجاه القارات، يزداد عمر الصخور.



أكّدت الدّراسات أن **أقدمَ** عُمْر **لصخور قشرة محيطيّة** لا يزيد على **180 مليون** عام تقريبًا، في حين يزيد أقدم عُمر **لصخور قشرة قارّية** على **4.4 مليون عام** .

2 **المغناطيسية القديمة:**

تحتوي صخور قاع المحيط (مثل البازلت) على معادن مغناطيسية (مثل الماغنيتيت) تصطف مع المجال المغناطيسي للأرض أثناء تبريد الماغما.

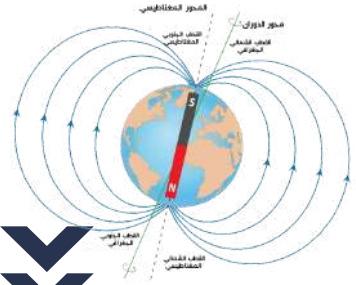
اكتشف العلماء وجود أنماط متماثلة من الأشرطة المغناطيسية على جانبي ظهر المحيط.

تعكس هذه الأشرطة فترات من الانقلابات المغناطيسية للأرض عبر الزمن الجيولوجي، مما يؤكد أن قاع المحيط يتكون تدريجياً وبشكل مستمر.

القطبية العادية

اكتشف العلماء أن **المجال المغناطيسيّ الأرضي** قد **عُكس اتجاهه** في مُدد زمنية مختلفة **عبر التاريخ الجيولوجيّ**؛ بسبب **تغيُّر اتجاه حركة صهير الحديد والنّيكل في اللّبّ الخارجي**.

القطبية العادية : المجال المغناطيسيّ المحفوظ في الصّخور التي تتّجه فيها المعادن المغناطيسيّة باتجاه المجال المغناطيسيّ الحالي نفسه .

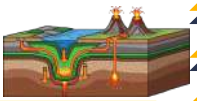


الانقلاب المغناطيسية

القطبية المقلوبة : المجال المغناطيسيّ المحفوظ في الصّخور التي تتّجه فيها المعادن المغناطيسيّة بعكس اتجاه المجال المغناطيسيّ الحالي

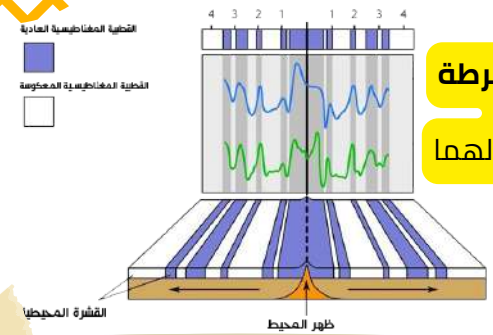
الانقلاب المغناطيسي : انقلاب (انعكاس) لاتجاه خطوط المجال المغناطيسي مع بقاء مواقع الأقطاب المغناطيسية كما هي .

أ. خالد مقدادي
0799457455

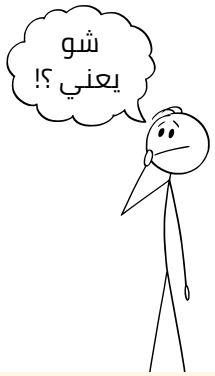


مُكثف الوحدة الثالثة

أظهرت الدراسات التي قام بها العلماء باستخدام **أجهزة قياس الشدّة المغناطيسيّة** Magnetometers **لصخور قاع** المحيط أن هناك **نمطًا معيّنًا** يظهر في **تعاقُب الصّخور على جانِبَي ظَهْر المحيط** .



تكون على شكل **أشرطة مغناطيسيّة** ذات شدّة مغناطيسيّة **عالية**, و**أشرطة مغناطيسية** ذات شدّة مغناطيسيّة **منخفضة** بصورة **متعاقِبة وموازية لظَهْر المحيط**, إذ إن **كل شريطين متناظِرَين** على **جانِبَي ظَهْر المحيط** لهما الشدّة **المغناطيسيّة نفسها, والعمر والعرض أنفسهما .**

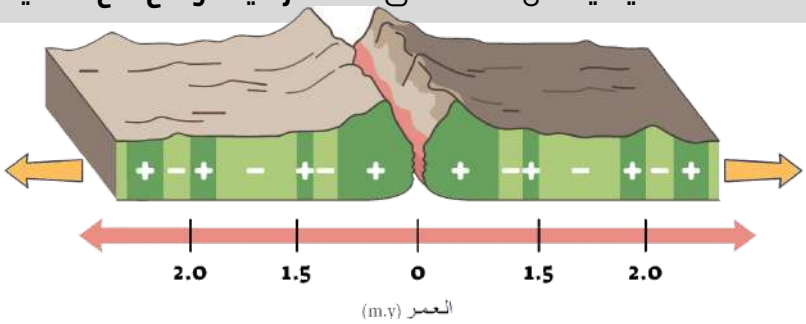


صخور القشرة المحيطيّة المكوِّنة **لهذه الأشرطة** عندما تتكوّن في **وسط ظَهْر المحيط تتمغنط معادنها المغناطيسيّة** بحسب **المجال المغناطيسيّ السائد** في ذلك الوقت؛ ولذلك, فإن الأشرطة ذات **الشّدّة المغناطيسيّة العالية** تشكّلت عندما كان **المجال المغناطيسيّ السائد ذا قطبيّة عادية**, والأشرطة ذات **الشّدّة المغناطيسيّة المنخفضة** تشكّلت عندما كان **المجال المغناطيسيّ السائد ذا قطبيّة مقلوبة**.

الأشرطة المغناطيسيّة المتعاقِبة ذات الشّدّة **المغناطيسيّة العالية (+)**

الأشرطة المغناطيسيّة ذات الشّدّة **المغناطيسيّة المنخفضة (-)**

وتُعَدُّ **المغناطيسيّة القديمة** للصّخور المكوِّنة لقاع المحيط و**الانقلاب المغناطيسيّ والشّدّة المغناطيسيّة** من **الأدلّة** على صحّة **فرَضيّة توسُّع قاع المحيط.**



مكوّنات صخور قاع المحيط

استخدم العلماء في عام 1964 م الغوّاصة (**ألفين**) لدراسة قيعان المحيطات.

حصل العلماء على عيّنات **صخريّة** متنوّعة تمثّل **قيعان المحيطات** فوجدوا أنها جميعها مكوَّنة من صخور **ناريّة** ذات **تركيب بازلتيّ**, تغطّيها **طبقات رسوبيّة يقلّ سُمكها بشكل تدريجيّ كلّما اتّجهنا نحو وسط ظَهْر المحيط حتى تختفي عند مركزه**.

- قد اكتشف العلماء أن صخورًا بازلتيّة تظهر على **شكل وسائد**, وتوجد على **امتداد ظَهْر المحيط** تُسمّى **لابَةً وسائِدِيّةً**. وقد فسّر العلماء أن مثل هذه **الصّخور** يمكن أن **تتكوّن**فقط بسبب ا**ندفاع الماغما على امتداد وسط ظَهْر المحيط**, إذ **تتصلّب الماغما** المندفعة من الشقوق الموجودة في **وسط ظَهْر المحيط بسرعة**, بسبب **ملامستها للماء**.

- قد أظهرت دراسات **صخور قاع المحيط** أن **الماغما** قد **اندفعت اندفاعًا متكرّرًا** من تلك الشقوق ما يدل على **تشابُه آليّة تشكُّل صخور قاع المحيط.**

الدرس الثالث: استكشاف بنية الأرض

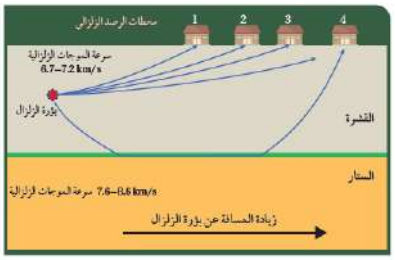
استكشف العلماء بنية الأرض الداخلية وتعرفوا على خصائص نطقها (طبقاتها) المختلفة من خلال طرق متعددة.

تتكون الأرض من نطق رئيسية تختلف عن بعضها البعض في الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

طرق دراسة بنية الأرض:

الطرق الجيوفيزيائية:

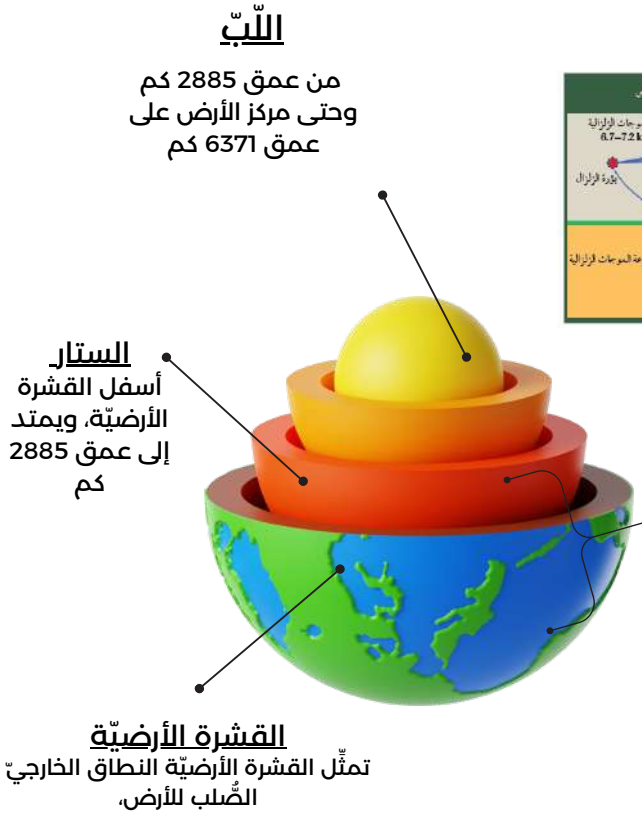
- دراسة الموجات الزلزالية وسرعتها وانكسارها.
- دراسة المجال المغناطيسي للأرض.
- دراسة الجاذبية الأرضية.



الطرق الجيوكيميائية:

- تحليل النيازك.
- دراسة الصخور البركانية التي خرجت من أعماق الأرض.

بُنية الأرض



اللّبّ
من عمق 2885 كم وحتى مركز الأرض على عمق 6371 كم

الستار
أسفل القشرة الأرضيّة، ويمتد إلى عمق 2885 كم

الغلاف الصخري:
الجزء الصُّلب من الأرض الذي يشمل القشرة الأرضيّة والجزء العلوي من الستار العلوي على عمق 100 كم الغلافَ الصّخريّ

القشرة الأرضيّة
تمثّل القشرة الأرضيّة النطاق الخارجيّ الصُّلب للأرض.

① القشرة الأرضيّة :

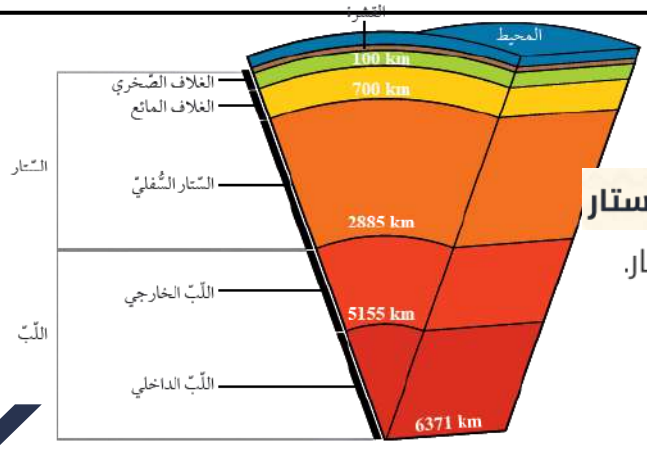
النطاق	الموقع	متوسط العُمق	الكثافة	الحالة الفيزيائية	التركيب
القشرة الأرضية	أسفل القارات	35 km	2.7 g/cm^3	صلبة	معظمها صخر الغرانيت
القشرة المحيطية	أسفل المحيطات	7 km	3g/cm^3	صلبة	معظمها صخر البازلت

② الستار

النطاق	الامتداد (العُمق)	الكثافة	الحالة الفيزيائية	التركيب
الستار العلوي الجزء من السّتار) الذي يمتد من أسفل القشرة الأرضيّة حتى عمق (700km)	الجزء العلوي َ : 100km الجزء السُفلي 100-700 km	أقل كثافة	الجزء العلوي َ : صلب الجزء السُفلي : لدن	الجزء العلوي :البيريدوتيت الجزء السُفلي :صخور في الحالة اللّدِنة.
الستار السُفلي	700 - 2885 km	أكثر كثافة	أكثر صلابة	صخور غنية بالسليكيت مثل البيروكسين والاولفين

③ اللُّب

النطاق	الحالة الفيزيائية	التركيب
اللُّب الخارجي	سائل	عنصري الحديد والنّيكل، ومن عناصر أخرى مثل الكبريت والأكسجين والسيليكون
اللُّب الداخلي	صلب	ويتكوّن من عنصري الحديد والنيكل

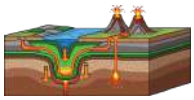


الأنطقة والحدود الفاصلة:

انقطاع موهو: هو الحد الذي يفصل بين **القشرة الأرضية وأعلى الستار**

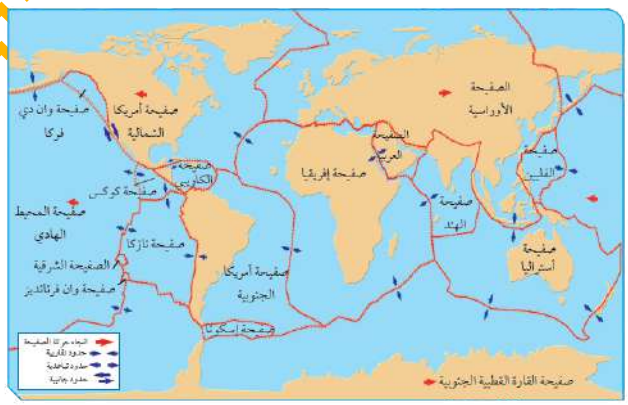
الغلاف الصخري: يتكون من القشرة الأرضية والجزء العلوي من الستار.

الغلاف اللدن: نطاق من الستار يقع أسفل الغلاف الصخري.



نظرية تكتونية الصفائح

تنصّ نظريّة **الصّفائح التكتونيّة** على أن "**الغلاف الصّخريّ الصُّلب** مُقسَّم إلى عدد من **القطع** يُسمّى كل منها **صفيحةً** . **تتحرّك** كل **صفيحة ببطء** فوق **الغلاف المائع** حركة **مستقلّة** نسبة إلى **الصّفائح المجاورة لها**, إما **متقاربة** معها, أو **متباعدة** عنها, أو **بمحاذاتها** بحركة جانبية "

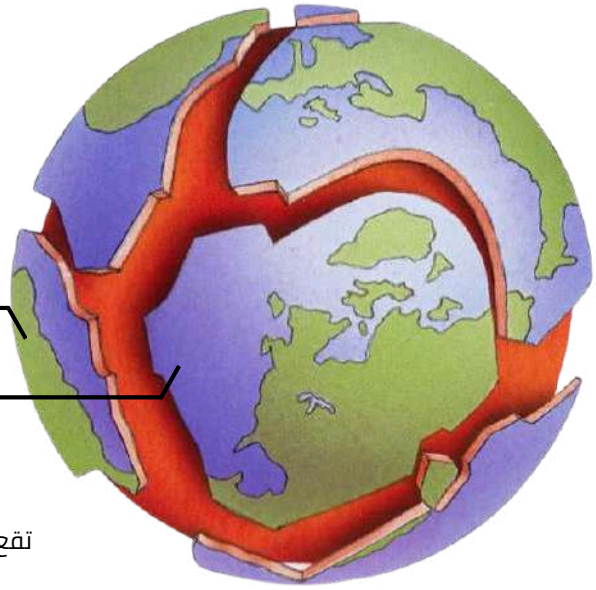


تختلف الصّفائح في حجومها؛ فبعضها صفائح **كبيرة الحجم** مثل صفيحة **أوراسيا**, وبعضها **صغيرة الحجم** مثل صفيحة **إسكوتا**.

أسباب حركة الصفائح

1. العناصر المشعة في الستار ترفع حرارة الماغما فتقل كثافتها وتصعد لأعلى (تيارات صاعدة).
2. عندما تبرد الماغما تزداد كثافتها وتهبط لأسفل (تيارات هابطة).
3. حركة هذه التيارات تسحب الصفائح فوقها.

تيارات الحمل : اكتشفها العالم "ولسون".



داخل الستار (في

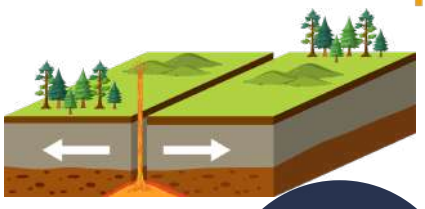
الصّفائح القاريّة
هي الصّفائح التي تتضمن بداخلها **القارّات**, وتتكوّن من صخر **الغرانيت**, وتحتوي على جزء من القشرة المحيطيّة

الصّفائح المحيطية
تقع أسفلَ **المحيطات**, وتتكوّن من صخر **البازلت**.

أنواع حدود الصفائح التكتونية

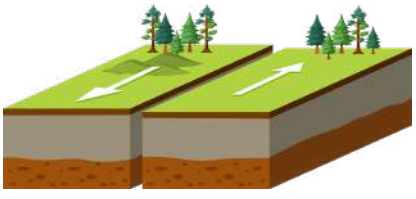
تتفاعل الصفائح التكتونية مع بعضها البعض عند حوافها (حدودها)، وينتج عن هذا التفاعل تراكيب وظواهر جيولوجية مختلفة.

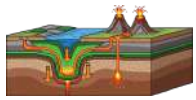
1. الحدود التباعدية (البناءة)



2. الحدود التقاربية (الهدامة)

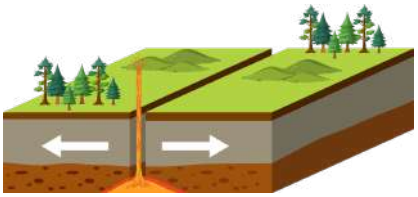
3. الحدود الجانبية (المحافظة)





أنواع حدود الصفائح التكتونية

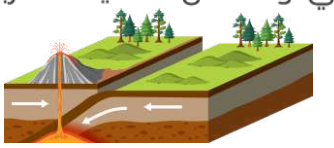
1. الحدود التباعدية (البناءة):



تحدث عندما تبتعد صفيحتان عن بعضهما البعض نتيجة لقوى الشد.

تُسمى بالحدود البناءة لأنه يتم فيها بناء وتكوين قشرة محيطية جديدة من الماغما المندفعة من الستار.

مثال: منطقة ظهر المحيط الأطلسي، وانفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية لتكوين **البحر الأحمر**



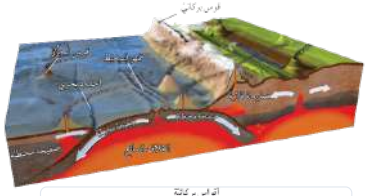
2. الحدود التقاربية (الهدامة):

تحدث عندما تقترب صفيحتان من بعضهما وتتصادمان نتيجة لقوى الضغط.

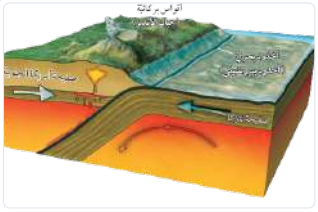
تُسمى بالحدود الهدامة لأنه يتم فيها تدمير واستهلاك أجزاء من القشرة الأرضية.

تختلف الظواهر الناتجة حسب نوع الصفائح المتقاربة:

تقارب قاري - قاري: يؤدي لتكون **سلاسل جبال ضخمة** مثل : (جبال الهيمالايا، وجبال زاجروس).

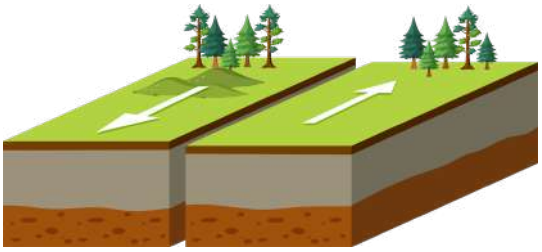


تقارب محيطي - قاري: تغوص الصفيحة المحيطية (الأعلى كثافة) أسفل القارية في عملية تُسمى الغوص، مكونة **خندقاً بحرياً** ، وتنصهر مشكلة **سلسلة جبال بركانية** على القارة (مثل: جبال الأنديز).



تقارب محيطي - محيطي: تغوص الصفيحة المحيطية الأقدم (الأبرد والأعلى كثافة) أسفل الأحدث، مكونة خندقاً بحرياً، وينتج عن انصهارها **جزر بركانية** على شكل أقواس (مثل: جزر اليابان).

3. الحدود الجانبية (المحافظة):



تحدث عندما تنزلق صفيحتان بمحاذاة بعضهما البعض أفقياً في اتجاهين متعاكسين (إجهاد قص).

تُسمى بالمحافظة لأنه لا يحدث فيها بناء ولا هدم للقشرة الأرضية.

تتميز بنشاط زلزالي قوي وتكوّن الصدوع. مثال: صدع سان أندرياس في أمريكا، و **صدع البحر الميت التحويلي**

الأدلة على حدوث الطرح (الغوص):

1. **التدفق الحراري**: قيم منخفضة عند الأخاديد البحرية (بسبب غوص الصفيحة الباردة).

2. **نطاق "واداتي - بينيوف":** نطاق مائل تتوزع فيه بؤر الزلازل (ضحلة، متوسطة، عميقة) يحدد مسار الصفيحة الغاطسة حتى عمق 700 كم.

3. **نظام تحديد المواقع (GPS):** قياس مباشر لسرعة واتجاه حركة الصفائح.

الدرس الأول : الخرائط الجيولوجية

أهميتها

1. من الوسائل المهمة التي نستطيع بها تمثيل العديد من المعالم والمظاهر الطبيعية، مثل: التضاريس وأنواع الصخور، والتراكيب الجيولوجية، وتوزع الأمطار.
2. تسهل الخرائط تفسير البيانات والمعلومات بدل من كتابتها على شكل نصوص؛ لذا تعد مصدرا مهما للعديد من المعلومات التي يمكن توظيفها في مجالات متنوعة.

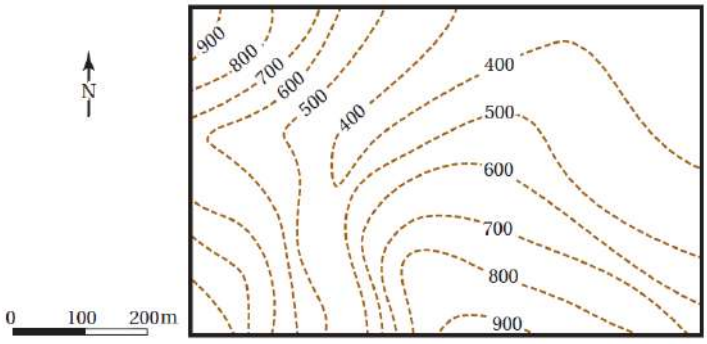
تاريخها

معروفة لدى الإنسان منذ القدم استخدمها البابليون والفراعنة واليونانيون وغيرهم. وتتنوع الخرائط في أغراضها.

أنواعها

1. الخرائط الكنتورية 2. الخرائط الطبوغرافية 3. الخرائط الجيولوجية 4. الخرائط الجيوفيزيائية 5. الخرائط الجيوكيميائية

الخرائط الكنتورية



الخرائط الكنتورية: خريطة تضاريس توضح تضاريس سطح الأرض في صور مجسمة عن طريق استخدام عدد من الخطوط تسمى **خطوط الكنتور**

الخريطة الطبوغرافية

خريطة **كنتورية** مُضاف عليها المظاهر الطبيعية والبشرية

عناصر الخريطة الكنتورية والطبوغرافية

01 خط الكنتور

الخطّ **الوهميّ** الذي **يصل** بين مجموعة من **النقاط** ذات **القيم المتساوية في الارتفاع**

خصائص خطوط الكنتور

1. **لا تتقاطع** مع بعضها البعض .
2. تمثّل في الخرائط الطبوغرافية **قِيَمًا متساوية** في **الارتفاع** نسبةً إلى **سطح البحر**،
   ← القِيَم **سالبة** إذا **انخفض** منسوب خطّ الكُنتور عن سطح البحر
   ← **موجبة** إذا **ارتفع** منسوب خطّ الكُنتور عن سطح البحر.

02 الفترة الكُنتورية

المسافة الرأسيّة بين أي **خطَّين كُنتوريّين متتاليَين** .
وهي ثابتة في **الخريطة الواحدة**، **وتختلف** من **خريطة إلى أُخرى** بحسب **الغرض من الخريطة.**

03 مقياس الرسم

النسبة **الثابتة** بين **طول بُعدَين** أحدهما **حقيقي** على **سطح الأرض** والآخَر على **الخريطة**.يمكن التعبير عن مقياس الرسم بطرائق متعددة, فمنه:

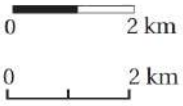
1. المقياس **الكتابي**
2. المقياس **الكسري**
3. المقياس **النِّسبي**
4. مقياس **الرسم البياني (الخطّي)**

المقياس الكتابي 1cm يساوي 1km

المقياس الكسري 1/100000

المقياس النِّسبي 1: 100000

مقياس الرسم البياني (الخطّي)



الخريطة الجيولوجية

خريطة كُنتورية أو طبوغرافية يمثّل عليها الجيولوجيون **البيانات الجيولوجية**؛ لإظهار المعالم والمظاهر الجيولوجية المتنوعة

مظاهر الخريطة الجيولوجية

1. **أنواع الصخور** المختلفة.
2. **مَيل الطبقات.**
3. **التراكيب الجيولوجية**.

استخدامها

تُمثَّل **الطبقات الصخرية** المختلفة على **الخريطة الجيولوجية** اعتمادًا على:

1. **زاوية مَيلِها**
2. **اتجاه المَيل**
3. **المضرب**

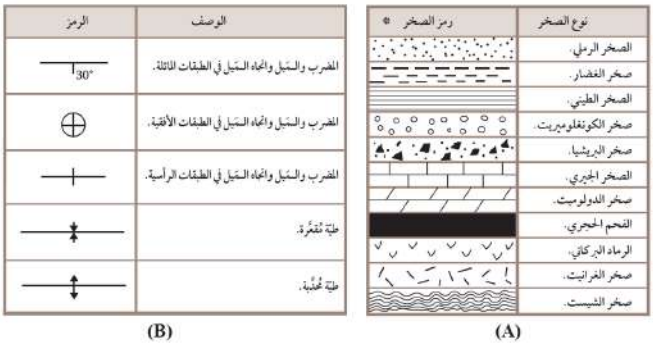
حيث تكون الطبقات **الأفقية موازيةً لخطوط الكُنتور**, أمّا الطبقات **المائلة والرأسية فتتقاطع حدودها مع خطوط الكُنتور** بحسب زوايا مَيلها.

يستخدم الجيولوجيون البيانات الموضَّحة على الخريطة الجيولوجية في:

1. استنتاج **نوع الصخور**
2. **الطبقات** الموجودة **أسفل سطح** الأرض

عناصر الخريطة الكنتورية والطبوغرافية

1. **العنوان** الذي يوضّح الغرض من رسمها
2. **مقياس الرسم**
3. **دليل الخريطة**
4. **رموز** خاصة بـ**أنواع الصخور والتراكيب** الجيولوجية ووضعية الطبقات فيها
5. استخدام **ألوان خاصة** بكل **نوع من الصخور**, أو دمج الألوان مع الرموز
6. اتجاه **الشمال الجغرافي**



نوع الصخر	رمز الصخر *
الصخر الرملي.	
صخر الغضار.	
الصخر الطيني.	
صخر الكونغلوميريت.	
صخر البريشيا.	
الصخر الجيري.	
صخر الدولوميت.	
الفحم الحجري.	
الرماد البركاني.	
صخر الغرانيت.	
صخر الشيست.	

(A)

الرمز	الوصف
	المضرب والميل واتجاه الميل في الطبقات المائلة.
	المضرب والميل واتجاه الميل في الطبقات الأفقية.
	المضرب والميل واتجاه الميل في الطبقات الرأسية.
	طيّة مُقعَّرة.
	طيّة مُحدَّبة.

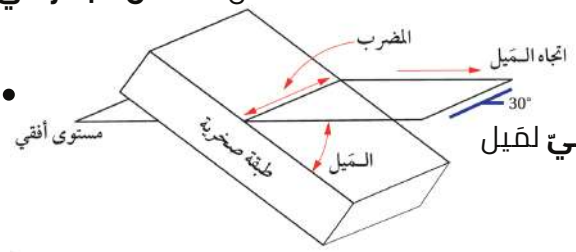
(B)

توضّع الطبقات (المضرب والميل)

الطبقات الرسوبية في الطبيعة تتكوّن بصورة أفقية، ولكنها إذا تعرضت إلى لإجهادات مختلفة فإنها تتشوَّه، فقد تميل، أو تنثني، أو تتصدّع .

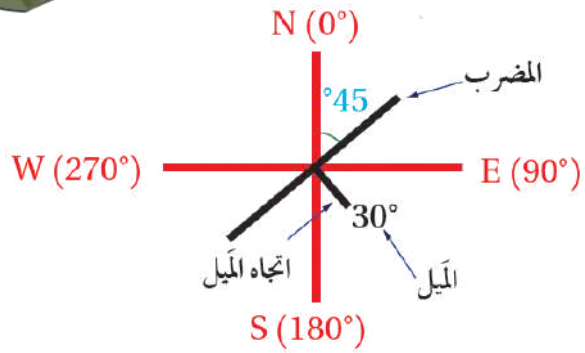
1.المَيل: **أكبر زاوية** يصنعها **سطح الطبقة العُلوي** مع **المستوى الأفقي**، وتُعَدّ الطبقة مائلة إذا كانت الزاوية أقلّ من 90° وأكثرَ من 0° .

2.**اتجاه المَيل** : الاتجاه **الجغرافيّ** لمَيل الطبقة .



3. **المضرب** : فهو **الخطّ الناتج** من **تقاطع** سطح **الطبقة المائلة** مع **المستوى الأفقي**، وهو يمثّل امتداد الطبقة، **ويتعامد** دائمًا مع **اتجاه المَيل**، وتُحدَّد **قيمته بانحرافه** عن **الشمال الجغرافي مع اتجاه** عقارب الساعة،

- **تُستخدَم البوصلة الجيولوجية لقياس هذه المتغيرات**



يُحدّد الجيولوجيون كل من **المَيل واتجاه المَيل والمضرب** للطبقات ويمثّلونها على الخرائط الجيولوجية باستخدام **رموز** معينة .
1.الخطّ **الطويل** إلى **اتجاه المضرب**.
2.الخطّ **القصير** إلى **الاتجاه الجغرافي للمَيل**.
3. **الرقم** المجاور **للخط القصير** فيشير إلى **زاوية المَيل**.

Notes

لمضرب الطبقة **قيمتين** تمثّلان **اتجاهَين** هما: **قيمة صغرى** تساوي 45° شمال شرق , و**قيمة كبرى** تساوي 225° جنوب غرب.
المَيل فيساوي 30° باتجاه الجنوب الشرقي.
و**غالبًا ما يُحدّد** الجيولوجيون **اتجاهًا واحدًا** فقط **للمضرب**, وعادة تُؤخَذ **القراءة الأصغر.**
والقراءة الأكبر = القراءة + 180°

المقطع العرضي الجيولوجي

المقطع العرضي الجيولوجي :**مقطع رأسي** لصخور منطقة ما يوضِّح **ترتيب الطبقات المتكشفة** على **سطح الأرض** أو **تحت سطح الأرض وشكلَها** كما تمثّله **الخريطة الجيولوجية** .

يستخدم الجيولوجيون **الخرائطَ الجيولوجية** لدراسة المناطق المتعددة وتعرُّف خصائصها الجيولوجية, مثل:
1.**أنواع الصخور** 2. **وضعية الطبقات** (مَيلها)
3. التراكيب الجيولوجية

النوع **الأول** من **الخرائط** الجيولوجية :خرائط تُمثِّل **الطبقات الأفقية** في المقطع الجيولوجي برسم **خطوط أفقية متوازية**, مع الأخذ في الحسبان **سُمك كل طبقة** وعلاقتها **بخطوط الكُنتور**

النوع **الثاني** من **الخرائط** الجيولوجية خرائط تمثّل **طبقات مائلة تتقاطع** فيها **حدود الطبقات** مع **خطوط الكُنتور بزوايا مختلفة.**

رسم **الطبقات الأفقية** في **المقطع العرضي** الجيولوجي تم **برسم خطوط أفقية متوازية**, مع الأخذ في الحسبان **سُمكَ كل طبقة وعلاقتَها بخطوط الكُنتور.**

أ. خالد مقدادي
0799457455

الدرس الثاني :طرائق الاستكشاف الجيولوجي

الخامات المعدنية: تجمعات معدنية توجد بأشكال وحجوم متعددة في صخور القشرة الأرضية بتراكيز تسمح باستثمارها اقتصادياً (فلزية ولافلزية).

الخامات في الأردن: فلزية (الحديد، النحاس، اليورانيوم)، لافلزية (الفوسفات، الصخر الجيري النقي، الصخر الزيتي).

يمتاز **الأردن** بوجود كثير من الخامات المعدِنية بما فيها **الخامات الفلزّيّة**,مثل :
1. خامات الحديد
2. النحاس
3. اليورانيوم

والخامات **اللّافلزّيّة** مثل:
1. الفوسفات
2. الصخر الجيري النقي
3. الصخر الزيتي

مراحل الاستكشاف الجيولوجي:

1. **عملية التنقيب:** عملية مباشرة وغير مباشرة تحدد الأماكن المحتملة باستخدام (الصور الجوية، الخرائط الجيولوجية، جمع عينات من الصخور والتربة).

2. **عملية الاستكشاف:** بحث تفصيلي للبحث عن الخامات لتحديد قيمتها الاقتصادية. تتم بطريقتين: (الاستكشاف الجيوفيزيائي، الاستكشاف الجيوكيميائي).

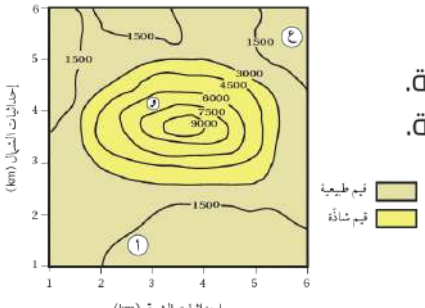
1. الاستكشاف الجيوفيزيائي

يعتمد على الخصائص الفيزيائية للخامات المغايرة للصخور المضيفة لها.

الخاصية الفيزيائية	نوع المسح الجيوفيزيائي	الأعماق المقيسة
المغناطيسية	المسح المغناطيسي	0 - 20 km 0 - 0.01 km
الموصلية الكهربائية	المسح الكهرمغناطيسي والكهربائي	
الكثافة	المسح الجاذبي	عدة مئات من الأمتار
الإشعاعية	المسح الإشعاعي	0 - 0.30 km
سرعة الموجات الزلزالية	المسح الزلزالي	0 - 10 km

الشواذ الفيزيائية: هي القيم غير الطبيعية المجموعة أثناء المسح، تختلف عن القيم التي حولها.

- **شاذة موجبة:** قيمتها **أكبر** من القيم الطبيعية.
- **شاذة سالبة:** قيمتها **أقل** من القيم الطبيعية.



2. الاستكشاف الجيوكيميائي

من الطرق المهمة للبحث عن الخامات التي توجد بتراكيز قليلة ولا يمكن الكشف عنها بالجيوفيزياء. يعتمد على التحليل الكيميائي.

طرق الاستكشاف الجيوكيميائي:

- باستخدام العينات الصخرية.
- باستخدام عينات التربة.
- باستخدام المياه الجوفية.

العناصر الدالة: عناصر وجودها بتركيز عالٍ يدل على وجود الخام. (مثال: النحاس والكبريت والزئبق تدل على الذهب. الرادون يدل على اليورانيوم).

العتبة: القيمة التي تتغير عندها القيم الطبيعية إلى قيم شاذة.

هالات التشتت: انتشار للعناصر من الصخور المضيفة للمناطق المجاورة، تتناقص قيم الشواذ كلما ابتعدنا عن الخام لتصبح طبيعية.

كيف تتشكل هالات التشتت؟

1. أثناء تشكل الخامات من المحاليل الحرمائية (يقل التركيز بالابتعاد عن المركز).
2. بفعل عمليات التجوية والتعرية للصخور المضيفة ونقلها للمناطق المجاورة.

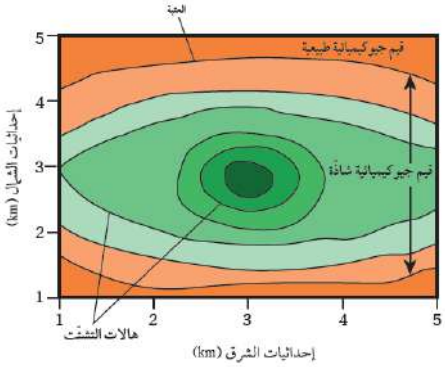
الاستكشاف الجيوكيميائي في الأردن:

كشف المسح في الأردن (سلطة المصادر الطبيعية) عن وجود تراكيز عالية من **الذهب** في الصخور البركانية الفلسية في منطقة وادي أبو خشيبة، ووادي الحور، ووادي صبرا (جنوب الأردن).

تحليل البيانات الجيوكيميائية:

يتم بعد جمع البيانات عن طريق:

- الطريقة الإحصائية.
- رسم خرائط تساوي القيم (لتحديد مواقع الخامات).



هالات التشتت الجيوكيميائي
(يمثل كل لون تركيزًا مختلفًا للمعدن)

الاستكشاف الجيولوجي يمر بمرحلتيه **التنقيب والاستكشاف** يهدف إلى :
1. تعرُّف الأماكن التي توجد بها **الصخور** التي تحتوي على **الخامات المعدنية** المختلفة مثل **خامات الحديد والنحاس والفوسفات**,
2.**تحديد مواقعها بدقة**؛ **لاستخراجها بطريقة منظمة غير عشوائية بأقل التكاليف والنفقات ثم** يتوجه الجيولوجيون إلى **المناطق** التي تم تحديدها عن طريق عمليات **الاستكشاف الجيولوجي** المختلفة **لاستخراج الخامات المعدنية** منها **والاستفادة** منها **اقتصاديًا**.

الدرس الثالث :تعدين الخامات المعدنية وأثره على البيئة

التعدين: عملية استخراج الخامات المعدنية التي توجد بكميات اقتصادية من الصخور في باطن الأرض أو سطحها.

أنواع التعدين:

التعدين السطحي (المفتوح)	التعدين تحت السطحي
يستخدم للخامات القريبة من سطح الأرض (مناطق غير مأهولة). **الآلية:** إزالة التربة والصخور، حفر الخام بالآلات الثقيلة، النقل بالشاحنات.	يستخدم للخامات العميقة (تزيد عن **50m**) دون إزالة السطح. **الآلية:** حفر أنفاق مائلة، أو أعمدة رأسية (للأعماق الكبيرة جداً)، أو أنفاق أفقية (في التلال).

العوامل المؤثرة في تعدين الصخور:

- **الظروف الجيولوجية:** التكلفة ترتفع كلما زاد العمق.
- **أهمية الخامات ومستوى الطلب:** تزداد الجدوى بزيادة الطلب.
- **الكمية والاحتياطي:** كلما زادت الكمية ومدة الإنتاج زادت الجدوى.

الأثر البيئي لاستخراج الصخور والمعادن

1. **تلوث المياه:** تسرب العناصر السامة (رصاص، سيانيد، زرنيخ) للمياه السطحية والجوفية.
2. **التلوث البصري والضوضائي:** ضجيج الآلات يعمل 24 ساعة يسبب (اضطرابات النوم، هجرة الحيوانات، تدمير المناظر).
3. **تلوث الهواء:** غبار محمل بالرصاص والحديد (مثال: تعدين البيريت **FeS** يطلق الكبريت).
4. **فقدان مواطن الكائنات (التنوع الحيوي):** تدمير الغابات، والنظم المائية بسبب الرواسب.
5. **تعرية التربة:** تدمير الطبقة الخصبة، انجراف التربة للأنهار مما يزيد احتمالية الفيضانات.

إدارة تأثير استخراج الصخور والمعادن

قبل البدء بأي مشروع تعدين يجب إجراء تقييم للأثر البيئي له؛ أي تقييم الآثار البيئية التي قد تنجم عن عملية التعدين قبل اتخاذ القرار بإنشاء المنجم وإعطاء الإذن ببدء عمليات التعدين

1 التأهيل البيئي

يشمل هذا الإجراء ضمان **أمان الموقع** بعد إيقاف التعدين، من خلال:
1. **هدم** المنشآت.
2. **إزالة** المُعَدّات.
3. **تثبيت** الفتات الصخري على سطح الأرض.
4. **تصريف** المياه في الأنابيب. 5. **التخلص** من أي نفايات خطرة.

2 الترميم

يتم في العديد من مواقع التعدين **إعادة الأرض** إلى حالتها قبل عمليات التعدين،عن طريق إعادة :
1. **بناء النظام البيئي** فيها من خلال **زراعة الأشجار والنباتات** المحلية المشابهة لتلك التي كانت موجودة فيها.
2. يتم أيضًا إنشاء **محميات طبيعية**، بما في ذلك **البحيرات** التي تشكّلت في **مناطق التعدين السطحي.**

3 إعادة الاستخدام

في السنوات الأخيرة ظهرت توجهات **لإعادة استخدام المناجم والمحاجر** التي تم إيقاف تشغيلها بحيث تستمر في **المساهمة اقتصاديًّا** في المجتمعات المحلية؛ إذ :
1. تُستخدم بعض المواقع **للتخلص من نفايات المكبات المنزلية.**
2. تحولت مواقع أخرى إلى **مناطق جذب سياحي**، فمثلً: أُنشئت **حلبة سباق غوتلاند رينغ في السويد**، وفي **غانا** أصبح **منجم الذهب** المهجور «**هوميز** » مركزًا **لمشروع زراعي** يضم مزارع الأسماك وتربية المواشي وزراعة الخضروات السياحية البيئية.

أ. خالد مقدادي
0799457455

الدرس الأول: المجرات ومجرة درب التبانة

المجرة: هي الوحدة الأساسية لبناء الكون، تتكون من تجمع هائل للنجوم، الكواكب، والأقمار، بالإضافة للغازات (غالبها هيدروجين وهيليوم) والأغبرة الكونية، مترابطة جميعها بقوى الجاذبية وتدور حول مركز مشترك.

أنواع المجرات حجماً: **قزمة** (بضعة ملايين من انجوم) - مثل : مجرة **ماجلان الصُغرى.**
عملاقة (مئات المليارات من انجوم) - مثل : مجرة **درب التبانة .**

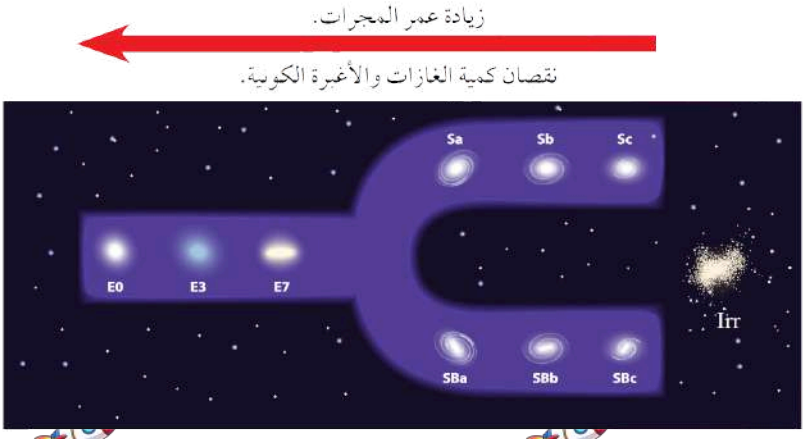
بنية وخصائص مجرة درب التبانة:

النوع: حلزونية خطية النواة.

- العمر: 13.6 مليار سنة | القطر: 100 ألف سنة ضوئية.
- الكتلة: ضعف كتلة الشمس
- زمن دوران الشمس حولها: 225 مليون سنة (السنة المجرية).

خصائص مجرة درب التَّبّانة			
نوع المجرة	حلزونية خطّية النواة	الكتلة	ضعف كتلة الشمس 5.8×10^{11}
العُمر	13.6 billion years	زمن دوران المجرة حول نفسها	250 million years
القُطْر	100000 light years	زمن دوران الشمس حول مركز المجرة	225 million years
السُّمْك	12000 light years	البُنية الأساسية	• أذرع حلزونية الشكل تدور من الغرب إلى الشرق • نواة خطية الشكل

تصنيف المجرات (مخطط الشوكة الرنانة لإدوين هابل)



المجرات الإهليليجية (E): أقدمها عمراً، تفتقر للغازات والأغبرة (مما يمنع تكون نجوم جديدة). من (E0) كروية تامة لـ (E7) شديدة الاستطالة.

المجرات الحلزونية (S/SB): تمتاز بأذرع تلتف حول نواة. تقسم لكروية النواة (S) وخطية النواة (SB). وتصنف فرعياً لـ (a,b,c) حسب حجم النواة وانفتاح الأذرع. تحوي غازات في أذرعها تسمح بولادة النجوم.

المجرات غير المنتظمة (Irr): أحدث المجرات عمراً، ليس لها شكل محدد بسبب جاذبية المجرات المجاورة، وتحوي أكبر كمية من الغازات (مثل سحابتا ماجلان).

الدرس الثاني: توسع الكون وقانون هابل

الكون يشمل **الفضاء**، وما يحويه من **مادة وطاقة**. فهو يتكوَّن من **مليارات المجرات**، وما فيها من نجوم ، وكواكب، ومُذنَّبات، وكُوَيكِبات، وغير ذلك.

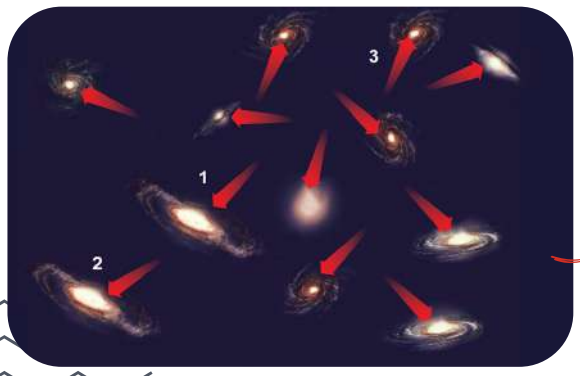
تباعُد المجرات

الانزياح نحو الأحمر

استدلَّ العلماء بدراسة **الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية** المنبعثة من **المجرات** على أنّ المجرّات **تتحرَّك مُبتعِدة** عنّا؛ إذ لاحظوا أنَّ أطيافها **تنزاح نحو الأحمر**

نشأة الكون

عندما درس العلماء الكون، وقدَّموا تفسيرًا عن **كيفية نشأته**، و**زمن بدايته ونهايته**، لاحظوا أنَّ **المجرة تتحرَّك فيه بشكل مستقل بوصفها وحدة واحدة**، وأنَّ المجرات **تبتعد** بعضها عن بعض **بسرعات مختلفة**

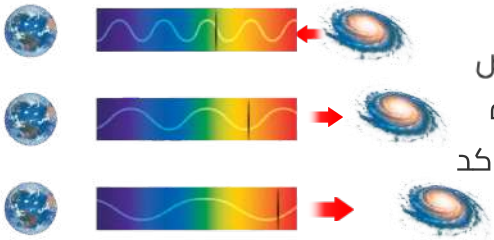


تحرُّك المجرة في الكون بوصفها **وَحْدة واحدة**، **وابتعاد المجرات** بعضها عن بعض.

الدرس الثاني: توسع الكون وقانون هابل

شو الفايدة من هالحكي !!

اعتمد العلماء **تأثير دوبلر** في دراسة **موجات الضوء** (الطيف الكهرمغناطيسي المرئي) الصادرة عن الأجسام المختلفة, ولاحظوا أنَّه إذا كان **مصدر الضوء يتجه بعيدًا** عنّا, فإنَّ الموجات التي تصلنا منه في (**1s**) تكون **قليلة العدد**؛ أيْ ذات **تردُّد مُنخفِض وطول موجي طويل.**



الطيف الكهرومغناطيسي وتأثير دوبلر: لكل عنصر كيميائي خطوط امتصاص خاصة به في الطيف. لاحظ العلماء أن هذه الخطوط في طيف المجرات البعيدة تنزاح نحو (اللون الأحمر) أي نحو الأطوال الموجية الأطول والتردد الأقل، مما يؤكد فيزيائياً أن هذه المجرات **تبتعد عنا**

كُلَّما **اقتربت** منّا الموجات المرئية (**مصدر الضوء**)**,زاد عدد الموجات** التي **تصلنا** منها؛ أيْ أنَّ **تردُّدها يزداد**, و**طولها الموجي يقلّ**

الفرسخ الفلكي : وحدة قياس **المسافات الكبيرة** بين **النجوم والمجرات**, **3.26** light years= و يساوي **1.3×10^{13}km**

قانون هابل: استنتج إدوين هابل أن الكون يتمدد كـ "بالون ينتفخ"، وأن سرعة تباعد المجرة تتناسب طردياً مع بعدها عنا.

سرعة تباعد المجرة بوحدة (km/s)

بُعْد المجرة عنّا بوحدة مليون فرسخ فلكي (Mpc)

$$v = H_o \times d$$

ثابت هابل الذي يُقدَّر مُتوسِّط قيمته بنحو (70km/s/Mpc).

الدرس الثالث: تسارع توسع الكون ومكوناته

يعد **انزياح الأطياف الكهرمغناطيسية المرئية** للمجرات **نحو الأحمر** دليلًا على **تباعدها** عنّا وعن بعضها بعضًا, ويُعَدّ أيضًا دليلًا على **توسّع الكون**

إلا أن ..

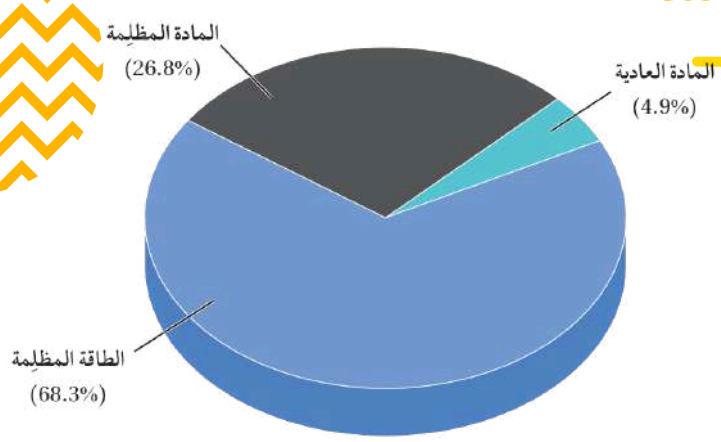
البيانات والمشاهدات التي جُمِعت بمِقراب **هابل الفضائي** عند رصدِه **النجوم فوق المستعرة** , أشارت إلى أن الكون **يتوسّع** في الوقت الحالي بوتيرة **أسرعَ** ممّا كان عليه **قبل مليارات السنين**

FAKE NEWS

افترض العلماء أن **سرعة** توسّع الكون **ستقلّ** مع **الزمن** بسبب **قُوى التجاذب الكبيرة** بينَ **مكوِّناته المادية** من **مجرّات ونجوم وسُدُم وغيرها .**

النجم المستعر : **نجم شديد السطوعِ** يُطلِق **طاقةً** تُعادِل **الطاقة** التي تُصدِرها **الشمس** خلال **مدَّة حياتها**, **يتكون** نتيجة **انفجار** **نجم** انفجارًا **عظيمًا** في مرحلة **موته**

مُكثف الوحدة الخامسة



المكونات الخفية للكون:

المادة العادية (4.9%):

المادة التي تتكوّن من غازَي **الهيدروجين والهيليوم** وبقية **العناصر المعروفة**، وتُشكّل (**4.9%**) من مكوّنات الكون .

المادة المظلمة (26.8%):

مادة **غير مألوفة** " لا نعرف طبيعتها" تشكّل (**26.8%**) من مكوّنات الكون , ويمكن **الاستدلال** على وجود المادة المظلِمة وتعرّف خصائصها عن **طريق تأثيراتها الجاذبية في المادة العادية**.

الطاقة المظلمة (68.3%):

أحد أشكال الطاقة **غير المألوفة** "لا نعرف طبيعتها " التي تملأ الفضاء، ويُعزى إليها **التمدّد السريع للكون**، وتُشكّل هذه الطاقة **(68.3%)** تقريبًا من مكوّنات الكون

$$T = 1/H_o$$

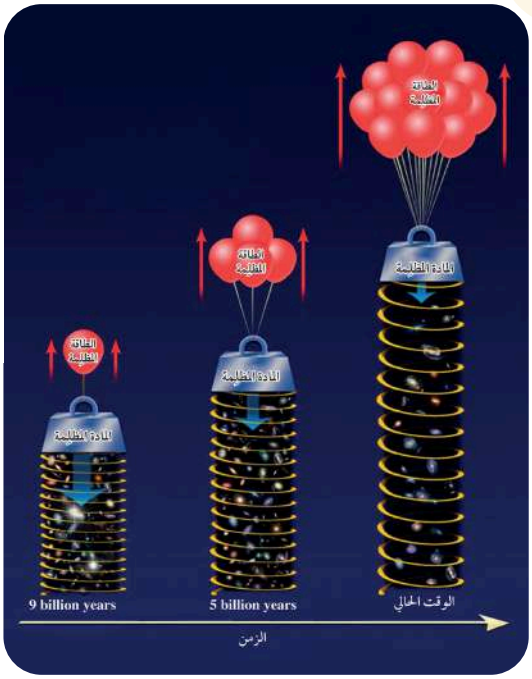
عمر الكون التقريبي

ثابت هابل وتتراوح قيمته بين(68-80 km/s/Mcp) قد قدّر العلماء متوسط قيمته بنحو (70km/s/Mcp)

IMPORTANT!

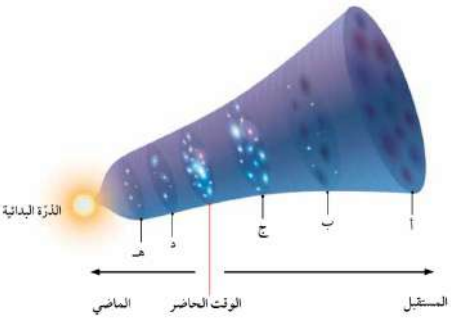
تمكّن العلماء من حساب **معدل توسُّع الكون**، وذلك برصد **الأطياف** الصادرة عن **النجوم فوق المستعرة** في عدد من **المجرّات البعيدة** جدًّا بـ**مِقراب هابل** الفضائي، وهذا وفّر لهم بيانات عن **شدة انزياح الأطياف** الصادرة عنها **نحو الأحمر وبُعدها** عنّا، واستنادًا إلى تلك البيانات تَبيّن بأن **الكون يتوسّع متسارعًا** بشكل لم يسبق له مثيل.

تأثير كلّ من المادة المظلِمة والطاقة المظلِمة في توسّع الكون مع الزمن.



تربط المادة المظلمة عَبْر **جاذبيتها مُكوِّنات الكون** من نجوم ومجرات معًا، وهذا **يبطئ** من **معدل توسُّع الكون**

تؤدي الطاقة المظلمة إلى **تسارُع** هذا **توسُّع الكون**، فتعمل على **تباعُد** المجرات **بمرور الزمن**



تحتوي أغلب المجرّات على مادة مظلِمة لا تعكس الضوء أو تمتصّه مثلما تفعل المادة العادية، وعلى الرغم من أننا لم نكتشف المادة المظلِمة بعد في مختبرات البحوث العلمية، إلّا أن وجودها أصبح معروفًا عن طريق تأثيراتها الجاذبية.

في **المراحل الأولى** من عمر الكون

- كان تأثير **المادة المظلِمة أكبر بكثير** من تأثير **الطاقة المظلِمة** التي كان **أثرها قليلًا في توسّع الكون**

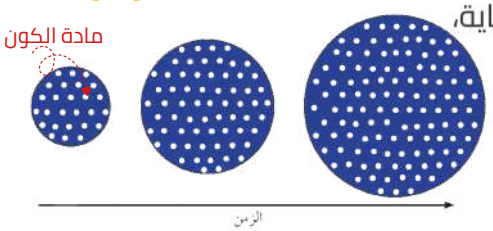
بازدياد عمر الكون وتوسّعه

- قلّ تأثير **المادة المظلِمة**
- ازداد تأثير **الطاقة المظلِمة** التي **تُباعِد** بين المجرات **بسرعة أكبر**، وهذا يفسّر تسارع توسّع الكون.

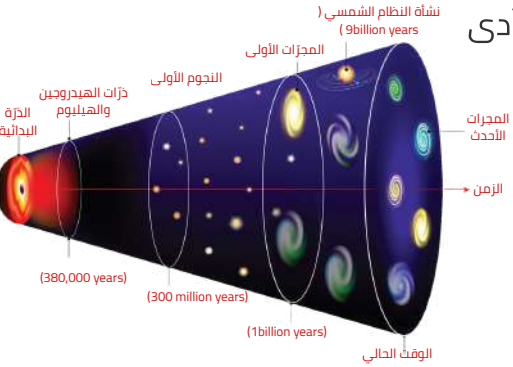
أ. خالد مقدادي
0799457455

الدرس الرابع: نظريات نشأة الكون

نظرية الكون المستقر (مرفوضة): افترضت أن الكون ليس له بداية ولا نهاية، وأنه يتمدد مع بقاء كثافته ثابتة بسبب التخلق المستمر للمادة. رُفضت بعد اكتشاف أجرام تتغير مع الزمن (كوازارات) واكتشاف بقايا حرارة الانفجار.



نظرية الانفجار العظيم (المدعومة علمياً): بدأ الكون من نقطة أو "ذرة بدائية" متناهية الصغر، ذات كثافة وحرارة لا نهائيتين، تعرضت لتمدد وانفجار عظيم أدى لولادة الزمان والمكان والمادة.



التسلسل الزمني التفصيلي للانفجار العظيم:

كانت **مادة الكون** في بداية نشأته تتكوّن من **جسيمات بدائية** - غير موجودة الآن - **تتفاعل** في ما بينها بشكل **مستمر.**

مع الزمن و**باستمرار** توسّع الكون و**برودته بدأت العديد من الدقائق بالتكوّن**,مثل: **الفوتونات, والنيوترونات, والإلكترونات, والبروتونات.**

بعد مرور **ثلاث دقائق** تكوّنت **أنوية ذرات الهيدروجين والهيليوم**, ولم تتكوّن **الذرّات** إلا بعد مضيّ (380,000years) من **الانفجار** عندما وصلت **درجة حرارة الكون** إلى (**3000K**) .

ما سمح **بتكوّن** ذرّات **العناصر الخفيفة** مثل **الهيدروجين والهيليوم**, ومع مرور الوقت **تكوّنت النجوم**, ونتيجة **للاندماج النووي** داخل النجوم تكوّنت **أغلب العناصر المعروفة حاليًّا**, وخلال ذلك ا**نخفضت درجة حرارة** الكون تدريجيًّا حتى أصبحت (**2.7K**).

الأدلة القاطعة المؤيدة للانفجار العظيم

1 اكتشاف الكوازارات

على الرغم من أن اكتشاف الكوازارات كان دليلاً معارضًا لنظرية الكون المستقرّ, إلا أنها كانت **دليلًا مؤيّدًا** لنظرية **الانفجار العظيم** التي تفترض أن **الكون يتطوّر وتتغير خصائصه مع الزمن**

2 الاتساع المستمر للكون

لاحظ العلماء حدوث **تباعد بين المجرّات** في كلّ مكان من الكون **بسرعات هائلة جدًّا**, ما يدل على **اتساع الكون بشكل مستمر**, مصداقًا لقوله تعالى : **﴿ وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ ﴾**

3 إشعاع الخلفية الكونية

اكتُشِف **إشعاع الخلفية الكونية** عام 1965 م, وهو **إشعاع كهرمغناطيسي** يمثّل **إشارات ميكروية منتظمة** الخواصّ قادمة من **كافة الاتجاهات** في **الفضاء**, وفي **الأوقات كافة** و**بصورة مستمرة** من دون **توقف أو تغير** .

4 وفرة غازَي الهيدروجين والهيليوم في الكون المرئي

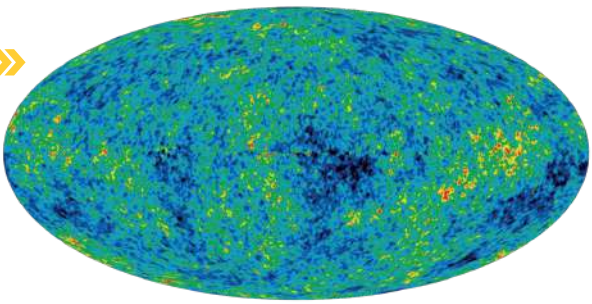
تُشير البحوث الحديثة ونتائج الرصد لمادة **الكون المرئي** أو ما يُعرَف باسم **المادة العادية** , إلى أن:

1. **غاز الهيدروجين** يكوّن حوالي(**74 %**) من تلك المادة.
2. يليه غاز **الهيليوم** بنسبة (**24 %**) تقريبًا منها.
3. **بقية العناصر** مجتمعة فتكوّن (**2 %**) تقريبًا. وهذه النسب **تتفق** مع توقعات **نظرية الانفجار العظيم** وتؤكّد أن **للكون بداية**, إذ يلاحَظ أن **غاز الهيدروجين** هو **الأكثر وفرة** في الكون, يليه **غاز الهيليوم** الذي **تشكّل** من **اندماج ذرّات الهيدروجين.**

رغم **الأدلة المؤيِّدة** لنظرية الانفجار العظيم, إلا أن كثيرًا من الأسئلة التي طُرحت لم تستطع الإجابة عنها, مثل **قُصورها** حتى الوقت الحالي عن **تفسير الأحداث** التي حصلت في اللحظة (**0s**) من **الانفجار العظيم.**

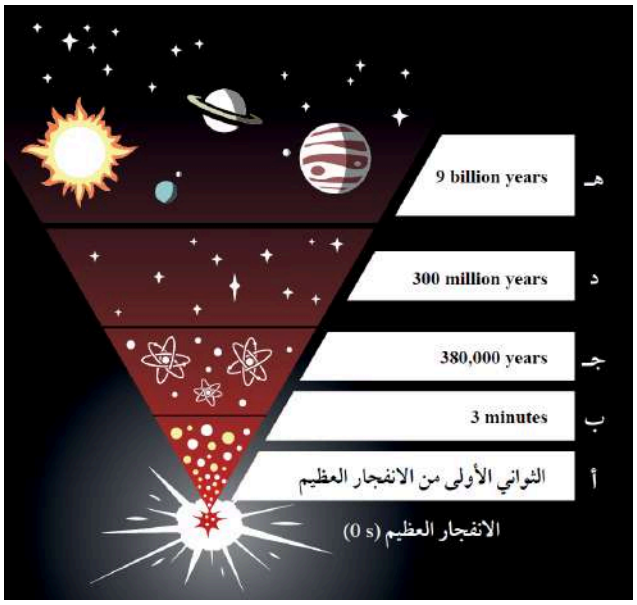
مُكتشف الوحدة الخامسة

فُسّرت الإشارات الميكروية على أنها **بقية الإشعاع** الذي نتج من **عملية الانفجار الكوني العظيم** والذي تكوّن بعد(380,000years) من الانفجار, أي في **الوقت** نفسه الذي **تشكّلت** فيه **نوى ذرّات الهيدروجين والهيليوم.**
وقد افترض العلماء أن **درجة حرارة إشعاع الخلفية الكونية** في الوقت **الحالي** تساوي (**2.7K**) تقريبًا, وهي **مماثلة** للقيمة **المَقيسة** حاليًا.



صورة **لإشعاع الخلفية الكونية** التقطت بوساطة **مسبار ويلكينسون** على مدار سبعة أعوام متتالية.

اختلاف درجات الحرارة عن المتوسط (μK)

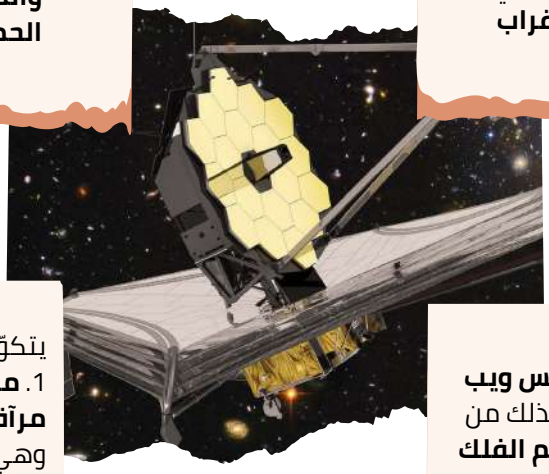


تُعَدّ **نشأة الكون** من الأمور التي حيّرت العلماء, وعلى الرغم من ذلك فقد بُذِلَت جهود كبيرة في البحث وتطوير أدوات المعرفة من أجل تفسيرها, وتمكّن العلماء من جمع جدول **زمني تقريبي للأحداث الرئيسة** التي مرّ بها الكون منذ **لحظة الانفجار العظيم** حتى **الآن**. ويمثّل المخطط الآتي بعض البيانات التي جُمِعَت عن أهمّ الأحداث التي مرّ بها الكون.

أُطلق مِقراب **جيمس ويب** الفضائي (JWST) بتاريخ 25 / 12 / 2021 م إلى الفضاء نحو نقطة **لاغرانج** (L2) على بُعد (**1.5million milometers**) من الأرض .

يُعدّ هذا المقرابُ **أقوى مرصد** فضائي حتى الآن, ويوصَف بأنه **خليفة مِقراب هابل** الفضائي.

- يتمتع مقراب جيمس ويب **بقدرة كبيرة** على **رصد وتحليل طيف الأشعة تحت الحمراء** القادمة من **الأجرام البعيدة**,
- **مقراب هابل** يعمل ضمن **مجال مختلف** من طول الموجة, إذ إن قدراته الأساسية تقع ضمن **طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية** و**جزء صغير** من طيف الأشعة **تحت الحمراء.**



الصور الملتقطة بمِقراب **جيمس ويب أكثر دقّةً** من **مِقراب هابل**. لذلك من المتوقع أن تحدث **ثورة** في **علم الفلك والفيزياء الفلكية** عن طريق تسليط الضوء على **أقدم النجوم والمجرّات** التي تشكّلت **بعد الانفجار العظيم.**

يتكوّن **قلب مِقراب جيمس** ويب من:
1. **مرآة مقعَّرة** قُطرها (**5.6m**), تتألف من **18 مرآة سداسية الأضلاع**, وهي مصنوعة من **عنصر البريليوم المطليّ بالذهب.**
2. أضيفت **مِجسّات دقيقة** إلى المِقراب بهدف التقاط **صور للأجرام في الفضاء** و**تحليل الإشعاع**؛ من أجل **فهم خصائص الموادّ الكونية.**

قياس عناصر الطقس

الطقس: هو وصف للحالة الجوية في منطقة ما خلال يوم أو أكثر من حيث: (درجة الحرارة، الضغط الجوي، الرياح، الهطل، والرطوبة)، ويتغير الطقس من مكان لآخر.

الرياح (Wind)

الرياح هي الحركة الأفقية للهواء، وتتشكّل نتيجة لاختلاف قيم الضغط الجوي على سطح الأرض.

حركة الرياح:

- تتحرك الرياح دائمًا من **مناطق الضغط الجوي المرتفع** إلى **مناطق الضغط الجوي المنخفض**.
- **سرعة الرياح:** تزداد حركة الرياح وسرعتها حينما يكون الفرق بين قيم الضغط الجوي في المناطق المتجاورة **كبيرًا**.

الظواهر العنيفة:

- إن زيادة كل من سرعة الرياح وكميات الأمطار عن الحد الطبيعي لها تؤدي إلى حدوث ظواهر جوية عنيفة للطقس مثل: **العواصف والأعاصير**.

كيف نصف الرياح ونقيسها؟

توصف الرياح بناءً على 3 عوامل رئيسية: (سرعتها، اتجاهها الذي تهب منه، وشدتها).

العامل	الأداة / المقياس المستخدم	ملاحظات / وحدة القياس
سرعة الرياح	جهاز الأنيمومتر (Anemometer)	وحدة القياس هي العقدة (knot) أو (km/h).
اتجاه الرياح	سهم الرياح الدوّار أو مخروط الرياح	مخروط يُصنع من قماش خاص تمر الرياح خلاله، وتشير الفتحة الكبيرة إلى الجهة التي تهب منها الرياح.
شدّة الرياح	مقياس بيفورت (Beaufort Scale)	يستخدم لوصف قوة الرياح وتأثيرها الملحوظ على الأشياء المحيطة.

الجدول (1): مقياس بيفورت للرياح.

قوّة الرياح بحسب مقياس بيفورت	معدّل سرعة الرياح (km/h)	وصف الرياح
0	<1	هادئةٌ
1	1–5	هواءٌ خفيفٌ
2	6–11	نسيمٌ خفيفٌ
3	12–19	نسيمٌ لطيفٌ
4	20–29	نسيمٌ معتدلٌ
5	30–38	نسيمٌ منعشٌ
6	39–50	رياحٌ قويةٌ
7	51–61	قريبٌ من العاصفة
8	62–74	عاصفةٌ خفيفةٌ جدًّا
9	75–87	عاصفةٌ خفيفةٌ
10	88–101	عاصفةٌ
11	102–117	عاصفةٌ عنيفةٌ
12	>118	إعصارٌ

* معدّل سرعة الرياح غير مطلوب للحفظ.

الرياح توصف بأنّها(**رياح هادئة إلى (هواء خفيف)** إذا كانت قوّتها من (**0-1**)

توصف أنّها (**نسيم خفيف إلى نسيم مُنعِش**) إذا كانت قوّتها من (**2-5**)

توصف أنّها (**رياح قويّة إلى عاصفة عنيفة**) إذا كانت قوّتها من (**6-11**)

توصف الرياح بأنّها(**إعصار**) إذا كانت قوّتها (**12**)

الهطل

الهطل: عملية تصل عن طريقها أشكال المياه المختلفة (مطر أو ثلج أو برد) إلى سطح الأرض، حيث تحدد درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نوع الهطل الذي يسقط عليه.

كيفية قياس الهطل

1. قياس المطر:

تُقاس كمية المطر باستخدام **مقياس المطر** (أنبوب زجاجي مدرج بالسنتيمتر والمليمتر يوضع في مكان مكشوف). ولزيادة دقة القياس يحتوي المقياس على:

- **قمع:** يجمع عشرة أضعاف كمية المطر التي يجمعها الأنبوب الزجاجي وحده.
- **اختناق:** يقلل من كمية المياه المتبخرة من الأنبوب.

التقنيات الحديثة (مقياس المطر ذي العوامة): يُجمع ماء المطر في وعاء تطفو فوقه عوامة، وعندما يرتفع منسوب الماء يدفع العوامة للأعلى، فيشير المؤشر لكمية الأمطار، ويسجلها على ورقة رسم بياني ملفوفة حول أسطوانة تدور باستمرار.

2. قياس تساقط الثلج:

- تُقاس كمية **المياه الناتجة عن الثلج** باستخدام مقياس المطر نفسه، ولكن تكون فوهته واسعة ليهوي الثلج إلى القاع مباشرة ثم ينصهر.
- يُقاس **سُمك الثلج** المتساقط والمتراكم خلال (24 ساعة) باستخدام مسطرة مترية توضع رأسياً في الثلج تُعرف باسم **(مسطرة القياس)**.

أشكال الهطل

يتصاعد بخار الماء للأعلى، يصل للتروبوسفير، يتكاثف حول (نويات صلبة كالغبار أو البلورات الجليدية)، ويهطل بأشكال عدة:

1. المطر: يتشكل عند استمرار التكاثف وزيادة حجم قطرات الماء تدريجياً، حتى يصبح الغيم مشبعاً وثقيلاً ليتخلص من حمولته.

2. الثلج: عند انخفاض حرارة الغيمة إلى $0^{\circ}C$ أو أقل، تتكون بلورات ثلج تتحد لتسقط كرقائق هشة خفيفة الوزن.

3. البَرَد: حبّات ثلج مستديرة (1.5 إلى 10 سم). يتكون عندما تحمل **التيارات الهوائية الصاعدة** قطرات المطر للأعلى لتتجمد، وتتكرر العملية مكونة طبقات جليدية، حتى تصبح أثقل من قدرة التيارات على حملها فتسقط.

ملاحظة: لا يسقط البرد في المناطق الاستوائية (لعدم توفر درجات حرارة منخفضة جداً في طبقات الجو العليا تكفي لتجمده).

تصنيف أشكال هطل المطر

يُصنف هطل المطر حسب معدل الهطل وحجم القطرات إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

النوع	الوصف	معدل الهطل
الرذاذ	قطرات ماء صغيرة جداً، قد تقلل من وضوح الرؤية.	-
المطر المنتظم	مستمر لساعات أو أيام بشكل ثابت.	- خفيفة: يقل عن 0.5mm/h - غزيرة: يزيد عن 8mm/h
الزخات	هطل مفاجئ وقصير المدة.	- خفيفة: يقل عن 2mm/h - شديدة جداً: يزيد عن 50mm/h

الظواهر الجوية العنيفة

كما ذكرنا، تنشأ الظواهر القاسية عندما تتجاوز الرياح والأمطار معدلاتها الطبيعية. ومن أخطر هذه الظواهر **الأعاصير**.

الأعاصير المدارية (Tropical Cyclones)

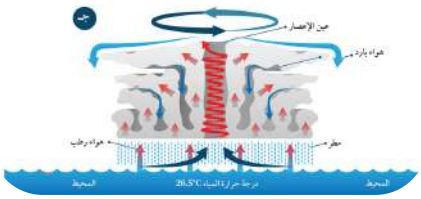
هي عواصف ضخمة وعنيفة تدور حول مركز ذي ضغط جوي منخفض جداً، وترافقها رياح عاتية وأمطار غزيرة.

شروط التكون الأساسية:

- تتشكل فوق مياه **المحيطات الاستوائية الدافئة** (درجة حرارة الماء أعلى من 26.5°C).
- تحتاج إلى طاقة حرارية هائلة تكتسبها من **الطاقة الكامنة** الناتجة عن تبخر مياه المحيط.
- تتأثر بقوة كوريوليس (دوران الأرض) لتبدأ بالدوران (عكس عقارب الساعة شمال الاستواء، ومع عقارب الساعة جنوبه).

نشأتها

1. **تنشأ** الأعاصير المَدارية في فصل **الصيف** فوق **المحيطات الاستوائية**، حيث تكون **درجة حرارة الماء** مرتفعة **26.5°C** أو أكثر.
2. نتيجة **ارتفاع الهواء الرطب** إلى **أعلى** وتكاثفه تتشكل **السُّحبَ الرُّكاميّة**.
3. **تتحرر** الطاقة **الحرارية الكامنة** في **بخار** الماء .
4. **باستمرار التبخُّر والتكاثُف، تزداد** كمية **الطاقة الحرارية المتحررة** من **بخار** الماء، وهذا يزيد **سخونة الهواء** في **السّحُب الركامية**.
5. **فيدفعه بقوّة** إلى **الصعود** إلى **الأعلى**.
6. **تنشأ** أعمدة **أطول وأوسع من السّحُب الركامية**، ويؤدي ذلك إلى **انخفاض الضغط الجوي** في المنطقة .
7. تبدأ **الرياح بالاندفاع بسرعة كبيرة** نحو **مركز المنخفض الجوي، والدَّوران عكس** اتجاه **عقارب الساعة** في نصف الكرة **الأرضية الشمالي** بفعل **تأثير كوروليوس**



8. **تزداد سرعتها** كلّما **اقتربت** من **مركز الإعصار** أو ما يُسمّى **عينَ الإعصار** الذي:
   أ. يمتلك **أقلّ ضغط جوّي**.
   ب. يمتاز **بهدوء الرياح** فيه.
   ج. **خلوّه** من الغيوم.
   د. **تسوده** تيارات هوائية **هابطة** .

قياس الأعاصير المدارية وتصنيفها:

تُصنف الأعاصير المدارية بناءً على سرعة الرياح والدمار المتوقع باستخدام **مقياس سفير-سمبسون (Saffir-Simpson Scale)**، ويقسمها إلى 5 درجات، الدرجة 5 هي الأشد تدميراً.

ملاحظة هامة: يضعف الإعصار المداري ويتلاشى عندما يصل إلى اليابسة أو يتحرك نحو مياه باردة، والسبب هو انقطاع مصدر الطاقة الرئيسي (بخار الماء الدافئ المتبخر من المحيط).

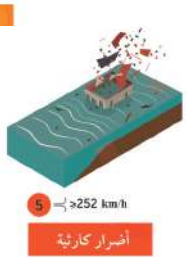
ضمن **الفئة الأولى**، تُلحق الرياح **أضرارًا خفيفة بالمنازل والأشجار وخطوط الكهرباء**

تزداد الأضرار في **الفئة الثانية**، إذ تُلحق الرياح **أضرارًا بالأبنية** وينقطع **التيار الكهربائي** أيامًا عدة.

ضمن **الفئة الثالثة**، يُصبح الإعصار **مدمِّرًا** ويتسبّب **بأضرار شديدة**، مثل **الفيضانات** بالقرب من **المناطق الساحلية**.

يتّسع نطاق الأضرار في **الفئة الرابعة** من فئات هذا المقياس، فتُهدم **المباني وتتكسر الأشجار**، ويتطلب الأمر **إجلاء مناطق** على **مسافة عشرات الكيلومترات** من السواحل

الأعاصير من **الفئة الخامسة**، فهي **الأعنف**، إذ تُلحق **دمارًا دائمًا بالبنى التحتية والمناطق السكنية**.



الأعاصير القمعية - التورنادو

هي دوامات هوائية عنيفة وصغيرة المساحة (مقارنة بالمدارية)، تأخذ شكل قُمع أو أنبوب يمتد من قاعدة **غيمة ركامية مزنية** عملاقة (عاصفة فائقة) حتى يلامس سطح الأرض.

خصائص الإعصار القمعي:

- يتشكل غالباً فوق **اليابسة** (عكس المداري الذي ينشأ في المحيط).
- يتميز بسرعات رياح هائلة جداً (قد تتجاوز 400 كم/ساعة).
- عمره الزمني قصير (يستمر لدقائق إلى ساعات قليلة).
- يسبب دماراً كارثياً في **مسار ضيق ومحدد** (خط طويل وضيق)، ويستطيع اقتلاع الأشجار والسيارات.

قياس الأعاصير القمعية:

تُصنف باستخدام **مقياس فوجيتا المُحسّن (Enhanced Fujita Scale - EF)** الذي يعتمد على حجم الدمار وسرعة الرياح (من EF0 للأقل ضرراً، حتى EF5 للأعاصير التي تمسح المنازل عن الأرض تماماً).

مقارنة شاملة بين أنواع الأعاصير

وجه المقارنة	الأعاصير المدارية (Hurricanes)	الأعاصير القمعية (Tornadoes)
مكان النشأة	فوق مياه المحيطات الاستوائية الدافئة.	فوق اليابسة (من غيمة ركامية مزنية/عاصفة فائقة).
المساحة والعمر	مساحة ضخمة جداً، تستمر لأيام أو أسابيع.	مساحة صغيرة (مئات الأمتار)، تستمر لدقائق أو ساعات.
مقياس	سفير-سمبسون (Saffir-Simpson).	فوجيتا المحسن (EF Scale).

الفيضانات (Floods)

الفيضان: هو تدفق المياه وغمرها لمساحات من اليابسة التي تكون جافة غالباً. ويعد من أكثر الكوارث المرتبطة بالطقس والمناخ انتشاراً. (قد يحدث في مدد زمنية قصيرة أو طويلة تستمر لأسابيع).

أسباب حدوث الفيضانات:

1. **العواصف:** تسبب العواصف الرعدية أو الأعاصير أمطاراً غزيرة تؤدي للفيضان.
2. **استمرار الهطل:** استمرار الأمطار (حتى الخفيفة) يؤدي لتراكم المياه وغمر اليابسة.
3. **الأنشطة البشرية:** تزيد من احتمالية حدوث الفيضانات (كإزالة الغابات وتعبيد الطرق).

العوامل التي يعتمد عليها حدوث الفيضان

العامل	نوع العلاقة	التأثير والنتيجة
الغطاء النباتي	علاقة عكسية	قلة النباتات تجعل المياه تجري بسرعة على السطح دون عوائق، مما يزيد الفيضان.
مدة الهطل	علاقة طردية	زيادة زمن الهطل يُشبع التربة بسرعة، فتقل قدرتها على الامتصاص، فيزداد الجريان السطحي.
تضاريس المنطقة	-	المناطق المنخفضة (الأودية) أكثر عرضة للفيضانات لزيادة سرعة جريان المياه وتراكمها فيها.
طبيعة الصخور	(النفاذية)	الصخور قليلة النفاذية تمنع تسرب المياه لباطن الأرض، فتتراكم على السطح وتزيد التدفق.

الفيضانات المفاجئة (Flash Floods): من **أخطر** أنواع الفيضانات لأنها تجمع بين القوة التدميرية والسرعة الكبيرة. تحدث عندما:

- تتجاوز كميات الأمطار الغزيرة قدرة الأرض على امتصاصها.
- عند انصهار الثلوج بكميات كبيرة وفي مدة وجيزة.

الجفاف (Drought)

الجفاف: نقص في هطل الأمطار على مدد زمنية طويلة، يؤدي إلى نقص في الموارد المائية. (تقل الأمطار المتراكمة فيه عن **250mm**).

أسباب الجفاف:

أسباب طبيعية: تغير أنماط الطقس، ارتفاع الحرارة، التضاريس.

أسباب بشرية: ضخ المياه الجوفية الجائر، قطع الغابات، تكرار زراعة الأرض.

آلية حدوث الجفاف:

1. تحولات في أنماط الرياح العالمية.
2. تشكل **أنظمة ضغط مرتفع** فوق القارات.
3. تشكل تيارات هوائية هابطة تمنع الغيوم والهطل وترفع الحرارة.

موجات الحر (Heatwaves)

موجة الحر: ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدل الطبيعي بنحو **5 درجات** مئوية لأيام متواصلة (لا تقل عن 3 أيام)، على ألا تقل درجات الحرارة العظمى فيها دون **32°C**.

العلاقة بين الجفاف وموجات الحر:

تتشكل موجات الحر بكيفية تشكل الجفاف نفسها (بسبب **الضغط المرتفع** والتيارات الهابطة التي تسخن الهواء وتمنع تقدم الكتل الهوائية الباردة وتمنع تشكل الغيوم). لذا، فإن موجات الحر **تزيد من حالات الجفاف** والعكس صحيح.

مصفوفة موجات الحر في الأردن (للمعرفة):

تُحدَّد **موجات الحر** في **الأردن** ابتداءً من **شهر أيار** إلى **شهر تشرين الأول** من كل عام

- **تصنيف المدة:** (قصيرة: أقل من 3 أيام | متوسطة: 5-7 أيام | طويلة: أكثر من 7 أيام).
- **تصنيف الشدة (فروق الحرارة):** (متوسطة الشدة: 5-7 درجات | شديدة: 8-10 درجات | شديدة جداً: أكثر من 10 درجات فوق المعدل).

التغير المناخي وتأثيره على أنماط الطقس القاسية

الأنشطة البشرية (كحرق الوقود الأحفوري) زادت من غازات الدفيئة، مما سبب التغير المناخي واحترار المحيطات هذا الاحترار يمد العواصف بطاقة أكبر، مما **يزيد من شدة وتكرار** الظواهر القاسية.

أمثلة عالمية على ظواهر طقس قاسية بسبب التغير المناخي:

الظاهرة (الزمان والمكان)	التفاصيل والنتائج
موجات الحر القاسية (العراق، الكويت، السعودية - 2024م)	تجاوزت الحرارة 50 درجة مئوية. النتيجة: زيادة حالات الإجهاد الحراري، وتهديد الزراعة والأمن الغذائي.
الفيضانات (أوروبا، فيضان الدانوب - 2024م)	اجتاحت الطرق والمباني. النتيجة: وفيات، تدمير بنية تحتية، غمر الأراضي، وخسائر اقتصادية.
حالات الجفاف (الأردن - 2021م)	انخفاض معدل الأمطار وارتفاع الحرارة. النتيجة: انخفاض مخزون المياه، وإتلاف الأراضي الزراعية.

أنظمة الإنذار المبكر (Early Warning Systems)

هي شبكات متكاملة من التقنيات لرصد الظواهر الجوية القاسية والتنبؤ بها **قبل وقوعها بوقت كافٍ**، مما يقلل الخسائر البشرية ويسهل الإخلاء.

أدوات المراقبة والتنبؤ:

- **الأقمار الصناعية:** تتبع مسارات الأعاصير والغيوم من الفضاء وحرارة المحيطات.
- **رادارات الطقس:** لتحديد أماكن هطول الأمطار وكثافتها محلياً بشكل دقيق.
- **النماذج الحاسوبية:** تُستخدم لمعالجة كميات ضخمة جداً من البيانات وإجراء معادلات رياضية معقدة لمحاكاة الغلاف الجوي والتنبؤ السريع والدقيق بمسار الكوارث.

التأريخ النسبي للصخور (Relative Dating)

مفتاح الحفظ: التأريخ **النسبي** = ترتيب زمني (من الأقدم إلى الأحدث) **بدون إعطاء عمر محدد بالأرقام**.

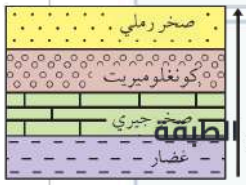
التعريف الدقيق: ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية التي مرت بسطح الأرض ترتيباً زمنياً من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها، دون إعطائها عمراً محدداً.

مبادئ التأريخ النسبي (قواعد ترتيب الطبقات)

يعتمد الجيولوجيون على مبادئ أساسية لتحديد العمر النسبي، وهي:

1. مبدأ الترسيب الأفقي

تتعاقب الصخور الرسوبية وتترسب في الأصل على هيئة **طبقات أفقية**. (إذا وجدت طبقات مائلة أو مطوية، فهذا يعني أنها تعرضت للتشوه بفعل قوى تكتونية **بعد** عملية الترسيب).

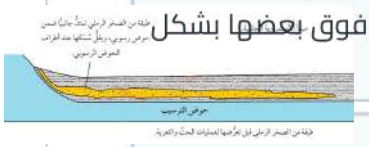


2. مبدأ التعاقب الطبقي

وضعه العالم **(نيكولا ستينو)**. وينص على: في أي تتابع طبقي رسوبي (لم يتعرض لتشوه شديد)، تكون **الموجودة في الأسفل هي الأقدم**، والطبقة التي تعلوها هي الأحدث.

آلية عمل المبدأ:

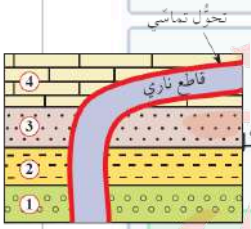
- تتكون الصخور الرسوبية في بيئات ترسيبية متنوعة (بحرية أو قارية).
- تحكمها ظروف ترسيبية (مثل: درجة الحموضة، والحرارة) تتحكم في نوع الطبقة الناتجة ومكوناتها.
- باستمرار الترسيب وتغير الظروف، ينتهي ترسيب طبقة ويبدأ ترسيب أخرى تعقبها، وتتراكم فوق بعضها بشكل متوازٍ مكوّنة (التعاقب الطبقي) دون انقطاع زمني.



3. مبدأ الاستمرارية الجانبية

تمتد الطبقات الرسوبية أفقياً في جميع الاتجاهات حتى ترق وتتلاشى عند حواف حوض الترسيب. (الأودية التي تقطع الطبقات تكونت بعد الترسيب).

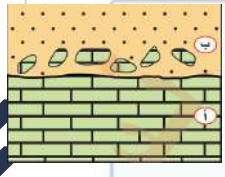
4. مبدأ القاطع والمقطوع



القاطع دائماً أحدث من المقطوع. (إذا قطع جسم ناري أو صدع سلسلة من الطبقات، فإن القاطع يكـ من الطبقات المقطوعة).

حالة التحول التماسي: عند تداخل الماغما (القاطع الناري) في الصخور، تعمل حرارتها العالية على تحويل الصخور الملامسة لها (المقطوع). الصخر الناري المتداخل هنا **أحدث** من الصخور التي حوّلها.

5. مبدأ الاحتواء



أجزاء أو قطع الصخور (المحتويات) الموجودة داخل صخر آخر تكون **أقدم** من الصخر الذي يحتويها.

- **مثال:** قطع الصخور الدخيلة المحتواة داخل صخر ناري، تُعتبر أقدم من الصخر الناري نفسه.

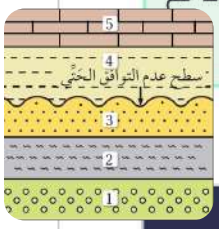
6. مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والنباتية (Faunal Succession)

وضعه العالم **(وليام سميث)**. ينص على أن كل فترة زمنية في تاريخ الأرض تتميز بمجموعة محددة من الأحافير.

- يمكن استخدام هذه الأحافير لتحديد العمر النسبي للطبقات.
- الطبقات التي تحتوي على نفس المجموعات الأحفورية تكونت في **نفس الفترة الزمنية**، حتى لو كانت متباعدة جغرافياً.

أسطح عدم التوافق

مفتاح الحفظ: سطح عدم التوافق = **فجوة زمنية** في السجل الجيولوجي (تمثل فترة زمنية مفقودة لم تُحفظ فيها صخور بسبب التعرية أو انقطاع الترسيب).



أنواع أسطح عدم التوافق:

النوع	الطبقة السفلية (الأقدم)	الطبقة العلوية (الأحدث)
عدم التوافق الانقطاعي	صخور رسوبية **(أفقية ومتوازية)**	صخور رسوبية **(أفقية ومتوازية)** يفصل بينهما سطح تعرية متعرج.
عدم التوافق الزاوي	صخور رسوبية **(مائلة أو مطوية)** *وضعه العالم (جيمس هاتون)*	صخور رسوبية **(أفقية)**. الخط الفاصل يمثل زاوية.
اللاتوافق	صخور **نارية أو متحولة** (قاسية)	صخور **رسوبية** (ترسبت فوق الصخور النارية أو المتحولة).

المضاهاة الجيولوجية

هي عملية **مطابقة أو ربط** الطبقات الصخرية في مناطق جغرافية مختلفة ومتباعدة لإثبات أنها تكونت في **المدة الزمنية نفسها**.

1. المضاهاة الصخرية:

- تعتمد على **الخصائص الفيزيائية** للصخر (النوع، اللون، السمك، التركيب المعدني).
- تُستخدم للمسافات **القريبة** (ضمن حوض الترسيب نفسه).
- تعتمد بشكل كبير على **(الطبقة الدالة)** لربط التتابعات.

2. المضاهاة الأحفورية:

- تعتمد على **المحتوى الأحفوري** للطبقات.
- تُستخدم للمسافات **البعيدة جداً** (بين القارات).
- تعتمد على وجود **(الأحافير المرشدة)** في الطبقات.

شروط الأحفورة المرشدة (هامة جداً):

أحفورة تستخدم لتحديد العمر النسبي، ويُشترط فيها: 1. **الانتشار الجغرافي الواسع.** 2. **المدى الزمني القصير** (كائن عاش لفترة قصيرة ثم انقرض).

التأريخ المطلق للصخور

مفتاح الحفظ: التأريخ **المطلق** = تحديد العمر **برقم محدد** من السنين (مثال: عمر الصخر 50 مليون سنة).

النظائر المشعة (أساس التأريخ المطلق):

تُستخدم النظائر المشعة الموجودة طبيعياً في المعادن (خاصة في الصخور النارية) لتحديد العمر:

- **النظير الأم:** النظير المشع الأصلي (غير مستقر)، والذي يتحلل مع الزمن.
- **النظير الابن:** النظير الناتج بعد تحلل النظير الأم (وهو نظير مستقر).
- تُقاس نسب هذه النظائر بدقة متناهية باستخدام جهاز **مطياف الكتلة**.

عمر النصف وحساباته

التعريف: هو الزمن اللازم لتحلل **نصف** كمية ذرات النظير المشع (الأم) في العينة إلى نظير مستقر (ابن).

معلومة ثابتة: عمر النصف يُعتبر **قيمة ثابتة** لكل نظير مشع، **ولا تتأثر** هذه القيمة أبداً بتغير الظروف البيئية (كالتغير في درجات الحرارة أو الضغط).

يُمكِن **حساب العُمر المُطلَق** للصخور التي تحوي **نظائر مشعّة** باتّباع الخطوات الآتية:

الخطوة الأولى

تحديد **عدد ذرات** كلٍّ من **النظيرة الأُمّ المشعّة المتبقية**، و**النظيرة الوليدة المستقرة**. يُمكِن إيجاد **النظيرة الأُمّ المشعّة الأصلية** التي تُمثّل **ذرات العنصر المشع** لحظة **تبلور المعدِن**، وبَدْء عملية **الاضمحلال الإشعاعي** كالآتي:

$N_0 = N_p + N_d$

- عدد ذرات **النظيرة الوليدة المستقرة**.
- عدد ذرات **النظيرة الأُمّ المشعّة الأصلية**
- عدد ذرات **النظيرة الأُمّ المشعّة المُتبقية**

الخطوة الثانية

تحديد **عدد مُدَد عُمر النصف** (n) بإيجاد **نسبة** عدد الذرات **النظيرة الأُمّ المشعّة بالمتبقية** إلى عدد ذرات **النظيرة الأُمّ المشعّة الأصلية**. أو باستخدام العلاقة الآتية

$N_p = N_0 \times (\frac{1}{2})^n$

- عدد ذرات **النظيرة الأُمّ المشعّة المُتبقية**
- **عدد مُدَد عُمر النصف.**

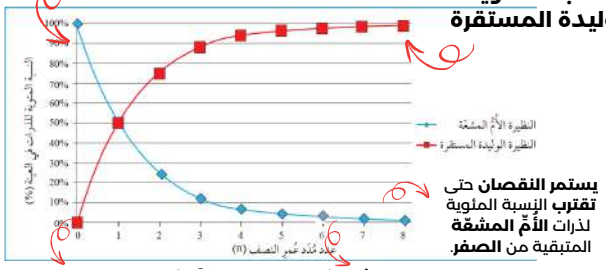
الخطوة الثالثة

إيجاد **العُمر المُطلَق** للمعدِن أو الصخر عن طريق **ضربْ** عدد **مُدَد عُمر النصف** الخاصة **بالعيّنة** في قيمة **عُمر النصف للعنصر المشعّ** المُستخدَم كما في المعادلة الآتية:

$T = T_{(\frac{1}{2})} \times n$

- **العُمر المُطلَق**
- **عُمر النصف**

العيّنة تقتصر في **البداية** (حين تكون مُدَّة **عُمر النصف صفرًا**) على **النظيرة الأُمّ المشعّة** بنسبة **100%**



بزيادة عدد مُدَد عُمر النصف يبدأ **زيادة** في **النسبة المئوية** لذرات **النظيرة الوليدة المستقرة**

يستمر النقصان حتى **تقترب** النسبة المئوية لذرات **الأُمّ المشعّة** المتبقية من **الصفر**.

بزيادة عدد **مُدَد عُمر النصف** يبدأ **النقصان** في **النسبة المئوية** لذرات **النظيرة الأُمّ المشعّة المُتبقية**

مُدَّة **عُمر النصف** في البداية تساوي **صفرًا**، هذا يدلّ على أنَّ **الاضمحلال الإشعاعي لم يبدأ بعد** (حين تكون مُدَّة عُمر النصف صفرًا) تكون **نسبة** النظيرة **الوليدة المستقرة صفرًا**

التأريخ باستخدام نظير الكربون-14:

خصائص التأريخ بنظير الكربون-14:

- يستخدم لتأريخ **البقايا العضوية** فقط (عظام، أخشاب، أصداف، فحم).
- فترة عمر النصف لنظير الكربون-14 قصيرة نسبياً وتبلغ **5730 سنة**.
- يُستخدم حصراً لتأريخ العينات الحديثة التي لا يتجاوز عمرها **70 ألف سنة**.

جيولوجيا الأردن (تسلسل الحقب الزمنية)

يتميز الأردن بتنوع جيولوجي فريد يتكشف من خلال صخور تعود إلى عصور جيولوجية تمتد من ما قبل الكامبري حتى اليوم.

1. حقبة ما قبل الكامبري (صخور القاعدة)

مفاتيح الحفظ:

- هي **أقدم الصخور** في الأردن.
- تتكون أساساً من صخور **نارية ومتحولة** قاسية جداً.
- تتكشف بوضوح في **جنوب الأردن** (مثل منطقة العقبة ووادي عربة).
- تعتبر جزءاً مما يُسمى بـ **(الدرع العربي النوبي)**.

2. حقبة الحياة القديمة

تتميز هذه الحقبة في الأردن بترسيب تتابعات ضخمة من **الصخور الرسوبية (وخاصة الرملية)** الناتجة عن بيئات قارية وبحرية ضحلة.

أ. صخور الديسي الرملية:

- تعتبر من أهم وأشهر التكوينات الصخرية لهذه الحقبة (في جنوب الأردن).
- تتميز **بمسامية ونفاذية عاليتين جداً**.
- لذلك، تُعد **خزاناً مائياً رئيسياً** للمياه الجوفية العذبة في الأردن.

ب. معدن الزركون:

يوجد بكميات اقتصادية داخل هذه الصخور الرملية، ويستخدم في التأريخ الإشعاعي.

(مواقع تكشف الزركون في الأردن):

1. وادي المزراب.
2. ضانا.
3. جرف الدراويش.
4. جبل الأرتين.

3. حقبة الحياة المتوسطة

تعرضت أجزاء واسعة من الأردن خلال هذه الحقبة لحركات هبوط أدت إلى غمرها بمياه **(بحر تيثس القديم)**، مما أدى لترسيب صخور رسوبية بحرية هامة جداً للاقتصاد الأردني.

الصخور المميزة لحقبة الحياة المتوسطة:

- **الصخور الجيرية.**
- **خامات الفوسفات:** التي تُعد من أهم وأكبر الثروات المعدنية التصديرية في الأردن.
- **الصخر الزيتي:** صخر رسوبي ترسب في بيئات بحرية هادئة وغني بالمواد العضوية.

4. حقبة الحياة الحديثة

شهدت هذه الحقبة أحداثاً جيولوجية هامة جداً (ترسيبية، بركانية، وتكتونية) غيرت الملامح التضاريسية للأردن لتأخذ شكلها الحالي.

أ. الصخور الرسوبية الحديثة:

من الصخور المميزة لحقبة الحياة الحديثة في الأردن:

1. الطباشير.
2. الكاؤولين.
3. الصخر الجيري النقي.

ب. النشاط البركاني (البازلت):

تميزت **البادية الشرقية** بوجود **الصخور البازلتية** السوداء، والناتجة عن نشاطات بركانية شاسعة (تُعرف باسم الحرات البركانية) حدثت حصراً في هذه الحقبة.

ج. النشاط التكتوني (تكوّن حفرة الانهدام الأردنية):

- حدث **انفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية** خلال حقبة الحياة الحديثة.
- أدت هذه الحركة التكتونية إلى تشكل **صدع البحر الميت التحويلي**.
- نتج عن ذلك تكون **حفرة الانهدام الأردنية**، والتي تضم البحر الميت (أخفض بقعة على اليابسة).

الإثراء والتوسع

السياحة الجيولوجية

السياحة الجيولوجية في الأردن

يُعد الأردن متحفاً جيولوجياً طبيعياً مفتوحاً، وتعتبر السياحة الجيولوجية فرعاً رئيسياً من فروع السياحة المستدامة التي تعتمد على استكشاف المعالم الأرضية والتاريخ الجيولوجي.

مكونات السياحة الجيولوجية (ماذا يستكشف السائح؟):

1. **التضاريس:** استكشاف الجبال الشاهقة والأودية العميقة.
2. **التراكيب الجيولوجية:** مراقبة الصدوع العظيمة، الطيات، والتشققات الصخرية.
3. **الصخور والمعادن:** التمتع بالتنوع الصخري وألوان الطبيعة المذهلة.
4. **الأحافير:** البحث عن بقايا الكائنات الحية المنقرضة والمحفوظة في الصخور.
5. **المناظر الطبيعية الخلابة:** الناتجة عن عمليات التجوية والتعرية المستمرة للطبقات الصخرية بمرور الزمن.
6. **المتاحف الجيولوجية:** زيارة المعارض التي تحكي تاريخ الأرض بأسلوب علمي ومنهجي.

فوائد السياحة الجيولوجية وأهميتها:

- **تطوير المجتمعات المحلية:** توفير فرص عمل وبنية تحتية ومصادر دخل لأبناء المناطق المحيطة بالمواقع.
- **حفظ المواقع من الاندثار:** تساهم العناية الرسمية والاهتمام السياحي في حماية هذه المواقع من التخريب والإهمال.
- **التعليم والتثقيف:** رفع مستوى الوعي البيئي والجيولوجي وفهم تاريخ كوكب الأرض.